

D E S E M P E N H O   D E   R E D E S

L O C A I S   T I P O   " E T H E R N E T "



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

CAMPINAS - SÃO PAULO  
BRASIL

T

P933d

7088/BC

Universidade Estadual de Campinas

Instituto de Matemática Estatística e Ciência da  
Computação

IMECC - Departamento de Computação

DESEMPENHO DE REDES LOCAIS TIPO "ETHERNET"

Autor: José Antônio Prieto Montalvo

Orientador: Célio Cardoso Guimarães

Este exemplar corresponde à redação final  
da tese devidamente corrigida e defendida  
pelo Sr. José Antônio Prieto Montalvo e  
aprovada pela comissão julgadora.



Célio Cardoso Guimarães

Campinas, SP - Brasil

Maio - 1986

A minha mãe Esthelita, à minha esposa  
Vera Lucia, pelo estímulo e apoio que  
me deram durante o desenvolvimento  
deste trabalho.

As minhas filhas Karol e Lilian.

A meu pai, José Ignácio ("in  
memorian").

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e, de modo especial:

Ao Professor Doutor Célio Cardoso Guimarães, orientador deste trabalho, pela orientação e apoio transmitidos nestes anos de convivência.

A Gerência de Comutação da Telebrás e particularmente ao Grupamento de Sistemas de Programação (GSP) que permitiram a utilização dos seus computadores (VAX 11-750 e PDP 11/70) para a obtenção das medidas apresentadas neste trabalho.

Ao CNPq, pela ajuda financeira na forma de bolsa de estudos a nível de mestrado no período de março/82 a agosto/83.

A FAPESP, pela ajuda financeira na forma de bolsa de estudos a nível de mestrado no período setembro/83 a junho/84, processo 81/1915-3.

Ao IECE - Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo pela ajuda financeira em forma de crédito educativo a nível de mestrado durante o período janeiro/82 a julho 84.

## S U M Á R I O

Este trabalho tem como objetivo, apresentar medidas do desempenho (throughput efetivo, tempo médio de resposta ou atraso médio e porcentagem de pacotes abortados) de Redes Locais com a topologia de "barramento" (BUS) e do tipo "ETHERNET. Estas medidas foram obtidas mediante simulações realizadas em um computador VAX 11-750.

A Rede Local analisada tem o protocolo Carrier Sense Multiple Access with Collission Detection (CSMA-CD) e varias políticas de acesso: 1-persistente (ETHERNET), não persistente e p-persistente.

Duas novas políticas de acesso são propostas, apresentando bons resultados nos pontos considerados para a avaliação do desempenho. Uma é variação da política p-persistente chamada de p-persistente-total e a outra é uma política que não utiliza o algoritmo de reescalonamento de pacotes (algoritmo exponencial binário de backoff).

## INDICE

SUMARIO .....	0
ÍNDICE .....	I
INTRODUÇÃO .....	III
1.- CAPÍTULO 1 - REDES DE COMPUTADORES .....	1
1.1.- Tipos de Redes de Computadores .....	1
1.1.1.- Redes Remotas .....	1
1.1.2.- Redes Locais .....	2
1.2.- Tipos de Redes Locais .....	2
1.2.1.- Estrela (star) .....	2
1.2.2.- Anel (ring) .....	3
1.2.3.- Barramento (bus) .....	3
2.- CAPÍTULO 2 - REDES LOCAIS TIPO BARRAMENTO .....	6
2.1.- Tipos de Barramentos .....	6
2.1.1.- Cabo Coaxial .....	6
2.1.2.- Par Trançado .....	7
2.1.3.- Fibra Ótica .....	7
2.2.- Protocolos de Redes Locais tipo Barramento .....	7
2.2.1.- Token-bus .....	8
2.2.2.- CSMA - Carrier Sense Multiple Access .....	9
2.2.3.- CSMA-CD - CSMA with Collision Detection .....	9
2.3.- Rede Local ETHERNET .....	11
2.3.1.- Teoria da Operação .....	12
2.3.2.- Formato do Pacote e Endereçamento .....	14
2.3.3.- Partes Integrantes de uma Rede Local Ethernet ...	16
2.4.- Políticas de acesso do Protocolo CSMA-CD .....	19
2.4.1.- 1-persistente .....	19
2.4.2.- Não-persistente .....	20
2.4.3.- p-persistente .....	20
2.5.- Políticas de Acesso Propostas .....	21
2.5.1.- p-persistente total .....	21
2.5.2.- política SEM reescalonamento .....	22

3.- CAPÍTULO 3 - CARACTERÍSTICAS E	
MODELO DA REDE ANALISADA .....	25
3.1.- Algoritmos para cálculo da Probabilidade "p" .....	25
3.1.1.- Políticas com "backoff" .....	26
3.1.1.1.- Esquema Ótimo .....	26
3.1.1.2.- Esquema Linear .....	27
3.1.1.3.- Esquema Exponencial .....	27
3.1.2.- Políticas sem "backoff" .....	29
3.1.2.1.- Esquema Ótimo .....	30
3.1.2.2.- Esquema com "p1" adaptativo à Carga .....	30
3.1.2.3.- Esquema com "p1" em função do	
Número de estações .....	32
3.2.- Medidas utilizadas para a Avaliação do Desempenho ..	33
3.2.1.- Throughput Efetivo .....	34
3.2.2.- Tempo Médio de Resposta ou "ATRASO" .....	35
3.2.3.- Proporção de Pacotes Abortados .....	35
3.3.- Características do Modelo de Rede Analisado.....	36
4.- CAPÍTULO 4 - MEDIDAS DE DESEMPENHO	
DE REDES LOCAIS TIPO ETHERNET .....	39
4.1.- Resultados das Políticas COM Reescalonamento :.....	41
4.1.1.- Escolha do melhor Esquema da política	
p-persistente .....	41
4.1.2.- Escolha do melhor Esquema da política	
p-persistente total .....	46
4.1.3.- Resultados das 4 Políticas .....	51
4.1.3.1.- 1-persistente .....	51
4.1.3.2.- não-persistente .....	54
4.1.3.3.- p-persistente .....	57
4.1.3.4.- p-persistente total .....	57
4.2.- Política SEM Reescalonamento .....	58
4.2.1.- Modelo Matemático .....	58
4.2.2.- Resultados da política SEM reescalonamento .....	66
5.- CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES .....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80
APÊNDICE .....	83

## INTRODUÇÃO

O desempenho é um dos pontos decisivos no projeto e seleção de uma Rede Local para uma aplicação específica. Este trabalho apresenta e analisa medidas de desempenho, obtidas mediante simulação, de redes locais tipo Ethernet com relação ao throughput efetivo, atraso e quantidade de pacotes abortados.

Algumas vantagens e facilidades que uma Rede Local tipo Ethernet oferece são:

- alta taxa de transmissão de dados (1 a 10 Mbps)
- facilidade de suportar centenas de estações
- boa confiabilidade (baixa taxa de erros)
- independência de controle centralizado
- estabilidade em cargas altas
- fácil manutenção e reconfiguração
- baixo custo
- o sistema pode começar relativamente pequeno e crescer conforme as necessidades da comunidade de usuários.

Estas vantagens ou facilidades são razões suficientes para utilizar este tipo de redes nas mais variadas aplicações: sistemas com arquitetura distribuída, compartilhamento de



recursos caros, automação de escritórios, automação industrial, etc.

O primeiro capítulo faz uma breve descrição dos tipos de redes em geral e uma classificação das rede locais de acordo com a sua topologia.

O capítulo 2 descreve com detalhe redes do tipo barramento (arquitetura e funcionamento) exemplificado pela rede "ETHERNET", os protocolos de acesso à rede, e as diferentes políticas de acesso para o protocolo CSMA-CD: não persistente, 1-persistente e p-persistente. Descreve também, duas políticas propostas: p-persistente-total que é uma variação da p-persistente e uma política sem reescalamento de pacotes (sem o algoritmo exponencial binário de backoff).

O capítulo 3 apresenta as características da Rede simulada e analisada, o modelo estatístico da simulação, algoritmos adaptativos para calcular a probabilidade "p" e a definição dos parâmetros escolhidos para avaliação do desempenho.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos para os modelos simulados e algumas variações dos parâmetros de simulação.

Finalmente no capítulo 5 estão as conclusões obtidas a partir dos resultados do capítulo 4, e algumas perspectivas para estudo futuro.

# C A P Í T U L O    1

## REDES DE COMPUTADORES

As Redes de Computadores foram criadas com a finalidade de poder estabelecer comunicação, para troca de informações ou dados entre computadores e/ou estações inteligentes situados em lugares distantes.

### 1.1.- TIPOS DE REDES DE COMPUTADORES.

As rede de computadores podem ser classificadas sob varios pontos de vista: distância, aplicação, etc. Dentro da classificação com relação à distância entre os diversos nós da rede temos as redes remotas e locais que são descritas a seguir.

#### 1.1.1.- REDES REMOTAS.

Geralmente são formadas por sistemas de grande porte, isolados e separados por longas distâncias. Estas redes

evoluíram a partir das necessidades de comunicação entre computadores e/ou terminais remotos. As taxas de transmissão são baixas (até 0.1 Mbps) e as distâncias são acima de 10 km (cidades, países e até entre continentes).

#### 1.1.2.- REDES LOCAIS.

São redes cuja aplicação está restrita a um conjunto de sistemas distribuídos em uma área "pequena" (dentro de um campus ou prédio) com taxas de transmissão bastante altas (1 a 10 Mbps) e protocolos eficientes e de fácil implementação.

#### 1.2.- TIPOS DE REDES LOCAIS.

As Redes Locais estão classificadas segundo a "topologia" que apresentam e as mais conhecidas são as do tipo estrela, anel e barramento .

##### 1.2.1.- ESTRELA (star).

O controle da rede é centralizado em uma estação que está conectada a todos os nós da rede, mediante "links" individuais (fig. 1.1). Uma estação desejando transmitir, envia um pedido ao nó central para uma "conexão" com alguma estação destino. A

estação central atende ao pedido estabelecendo um "caminho dedicado" (comutação de circuitos) entre as duas estações (fonte e destino) e a comunicação se realiza como se as duas estações estivessem conectadas ponto a ponto. Qualquer comunicação entre os nós, é feita através da "estação central".

#### 1.2.2.- ANEL (ring).

Neste tipo de Rede Local, não existe um controle centralizado. Todos os nós se encontram "pendurados", mediante repetidores, em um canal de comunicações em forma de "anel" e a comunicação é realizada mediante "pacotes fixos" que estão permanentemente, circulando pelo anel (fig. 1.2). Uma estação desejando transmitir aguarda sua vez e coloca seus dados (fonte, destino e dados) nos pacotes que circulam no anel. A inclusão de uma estação nova, implica na interrupção do funcionamento da rede. Um exemplo deste tipo, é a rede da Universidade de Cambridge [HOPPER 77].

#### 1.2.3.- BARRAMENTO (bus).

Considerada como "dual" da rede do tipo Estrela, este tipo de rede, possui "controle distribuído" e apenas um "link" ou "bus" que conecta todos os nós da rede (fig. 1.3). Ao contrário da rede do tipo anel, a inclusão ou desligamento de

uma estação não interrompe o funcionamento da rede. Uma estação desejando transmitir, coloca seu pacote no barramento. Todas as estações captam o pacote, mas apenas a estação destino poderá recebê-lo. Um exemplo típico deste tipo de redes é Ethernet [METCALFE 76].

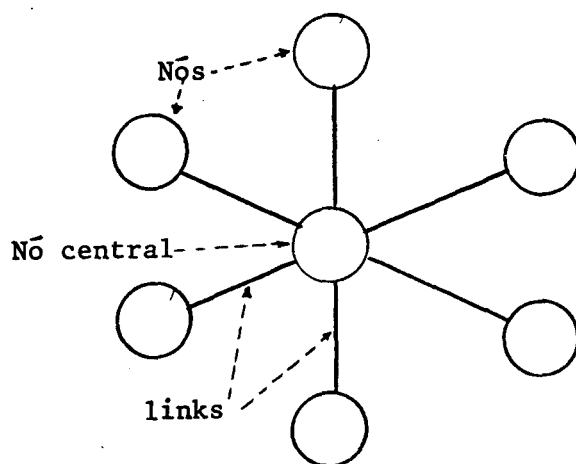


Fig. 1.1 Rede "estrela"

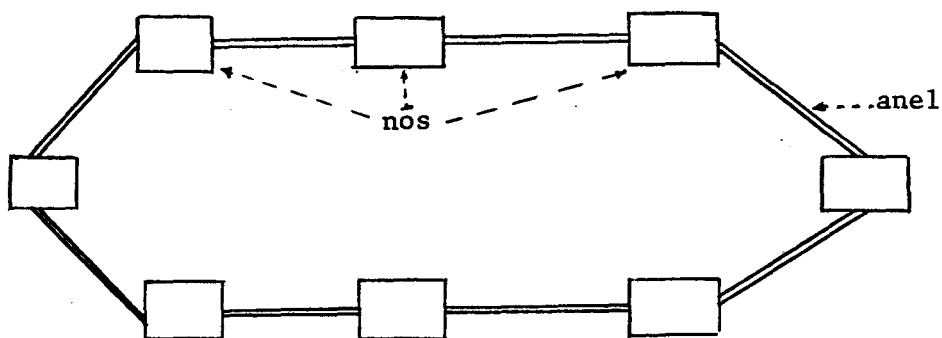


Fig. 1.2 Rede "anel"

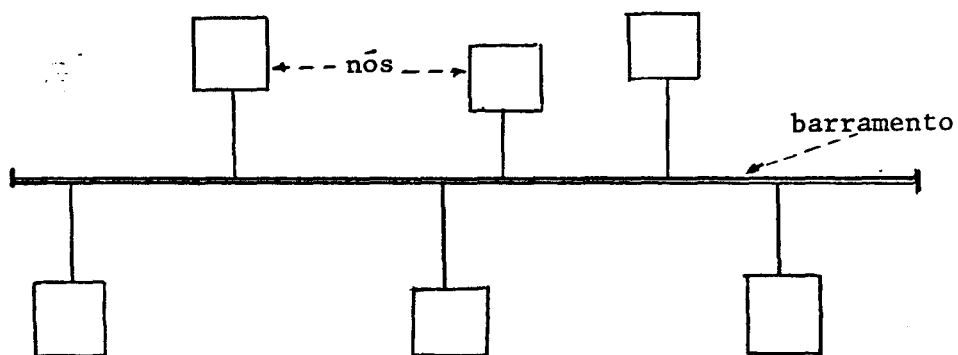


Fig. 1.3 Rede "barramento"

## C A P Í T U L O 2

### REDES LOCAIS TIPO "BARRAMENTO"

Dentro das topologias descritas no capítulo anterior, as de "barramento" tem se destacado pela sua simplicidade, fácil implementação, bom desempenho, baixo custo, e capacidade de suportar centenas de nós. Nas Redes Locais deste tipo, o meio de comunicação é passivo e compartilhado por todas as estações integrantes da rede (broadcast).

#### 2.1.- TIPOS DE "BARRAMENTOS"

Os meios de comunicação mais apropriados para este tipo de redes são:

##### 2.1.1.- CABO COAXIAL.

É o meio de comunicação mais utilizado atualmente. Redes com cabo coaxial apresentam bom desempenho e capacidade para suportar centenas de estações. A taxa de transmissão varia de 1 a 10 Mbps (cabo de 50 ohms) com boa imunidade a ruído e



relativamente econômico.

#### 2.1.2.- PAR TRANÇADO.

É o meio de comunicação mais barato para este tipo de rede. A taxa de transmissão é baixa (menos de 1 Mbps), sensível a ruído e a interferências eletromagnéticas. É utilizado para redes pequenas e com poucas estações.

#### 2.1.3.- FIBRA ÓTICA.

Este meio de comunicação pode atingir uma taxa de transmissão de até 100 Mbps, é resistente a interferências eletromagnéticas e à prova de ruído. Atualmente não é muito utilizado devido ao alto preço dos componentes especiais que exige (conectores, repetidores, etc) e a algumas limitações técnicas, porém o seu potencial é muito grande a médio prazo.

### 2.2 PROTOSCOLOS PARA REDES LOCAIS TIPO BARRAMENTO

Neste tipo de Rede, todos os nós compartilham um único meio de comunicação e seu acesso ao barramento depende do protocolo implementado. Os protocolos de acesso ao meio de transmissão tem como finalidade, permitir que apenas duas

estações (quaisquer) possam trocar informações quando necessário. Os protocolos de controle de acesso ao meio de transmissão para esta topologia de redes locais são geralmente assíncronos do tipo "Time-Division Multiplexing" (TDM) que por sua vez podem ser classificados como randômicos (csma, csma-cd) ou regulados (token-bus). A descrição destes protocolos de acesso ao meio é dada a seguir.

### 2.2.1.- TOKEN-BUS.

Este protocolo de acesso "regulado" forma um "anel lógico" entre todos os nós da rede onde cada estação ocupa uma posição lógica fixa e ordenada. O pacote de controle chamado de "token", percorre sequencialmente todos os nós da rede. Uma estação desejando transmitir, deverá aguardar o "token" para iniciar a sua transmissão. A manutenção deste protocolo exige muitos cuidados devido a quantidade de funções que devem ser executadas: inclusão de um novo nó no "anel", remoção de um nó do "anel", inicialização do "anel", etc. Maiores detalhes deste protocolo podem ser encontrados em [STALLINGS 84] ou [IEEE 83].

### 2.2.2.- CSMA (Carrier Sense Multiple Access).

Uma estação inicia uma transmissão se encontra o meio de comunicação livre. Caso contrário, se o meio estiver ocupado atrasa para uma tentativa posterior. Este protocolo é de acesso aleatório, ou seja, não existe nem tempo nem sequência fixa para uma estação iniciar sua transmissão. A rede ALOHA desenvolvida pela Universidade do Havai [ABRAMSON 70], foi a primeira a utilizar este método de acesso aleatório em um canal de rádio, conseguindo-se inicialmente 18 % de utilização do canal (pure-ALOHA). Posteriormente foram introduzidas mudanças nesta rede chegando a atingir 37 % de utilização efetiva do canal (slotted ALOHA) [KLEINROCK 75 E 76, ABRAMSON 77, e SHOCH 80].

### 2.2.3.- CSMA-CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).

Mediante o uso de mecanismos que detetam "interferências" nas transmissões, o protocolo CSMA evoluiu para o CSMA-CD sendo atualmente, o protocolo de controle de acesso ao meio de transmissão mais comum. Seu comportamento é semelhante ao protocolo anterior com a vantagem que, estações detetam "colisões". Uma colisão é a sobreposição de duas ou mais transmissões iniciadas ou simultaneamente ou quando a diferença

de tempo entre o início das transmissões, é menor do que o atraso de propagação entre os nós (intervalo chamado de "janela de colisão"). As estações envolvidas detetam a colisão, mediante um mecanismo que compara os dados colocados na rede com os dados recebidos, imediatamente param suas transmissões e enviam um sinal na rede (alguns bytes chamados de JAM) para garantir que todas as estações presentes na rede, tenham conhecimento da colisão ocorrida.

O tempo de "overlapping" dos pacotes colididos no protocolo CSMA é total, ou seja durante toda a transmissão do pacote. No protocolo CSMA-CD, a interferência causada pelo "overlapping" dos pacotes é parcial o que consequentemente causa um aumento no "throughput" do meio de transmissão (o tempo perdido devido à colisão é bem menor). Este protocolo também conhecido como LWS (Listen While Speak) é uma sofisticação do protocolo CSMA (Listen Before Speak) para obter um maior aproveitamento do meio de transmissão e principalmente para manter a estabilidade da rede em cargas altas. Este tipo de acesso aleatório CSMA-CD, tem se mostrado altamente eficiente em ambientes com "atraso de propagação" pequeno comparado com o tempo de transmissão de um pacote [TORAGI 80].

Os protocolos CSMA-CD e TOKEN BUS, são os mais utilizados atualmente, existindo inclusive, a padronização para ambos pelo "IEEE 802 Committee" [IEEE 1983].

### 2.3.- REDE LOCAL "ETHERNET"

A rede local ETHERNET [METCALFE 76] foi desenvolvida inicialmente em forma experimental, pela XEROX em 1972 com a finalidade de conectar microcomputadores "ALTO" e algumas unidades de entrada/saída. Desde então, muitas redes locais tipo Ethernet tem surgido [SHERMAN 78, ALMES 79, FIELD 82]. Em setembro de 1980 foi padronizada pela INTEL, DIGITAL e XEROX na chamada "Especificação Ethernet" [DIGITAL 80, DIGITAL 82]. Posteriormente, a IEEE padronizou este tipo de rede local chamando-o de "Padrão Ethernet" no IEEE 802.3 [IEEE 83].

As diferenças entre a rede "experimental Ethernet" e o "padrão Ethernet" estão relatadas em [SHOCH 82] e [MIER 84].

ETHERNET é uma Rede Local de barramento único compartilhado por todos os nós da rede utilizando o protocolo CSMA-CD. Neste protocolo, não há necessidade de um controle centralizado para gerenciar o acesso ao meio de transmissão, não existe prealocação de "slots" de tempo nem frequência de

banda. Para maior facilidade, o meio de transmissão será chamado de aqui por diante de "cabo", "ether" ou "canal".

### 2.3.1- TEORIA DA OPERAÇÃO.

Uma estação com um pacote pronto para transmitir, pode fazê-lo somente se não existe nenhuma transmissão em andamento no canal naquele instante (fig. 2.1). Caso contrário, se o canal está ocupado, a estação deverá aguardar o final da transmissão corrente e assim que o canal ficar livre, ela inicia sua transmissão (este procedimento também é chamado de 1-persistente, fig. 2.2). Após iniciar a transmissão, a estação permanece "escutando" a fim de detetar uma possível colisão (seção 2.2.3).

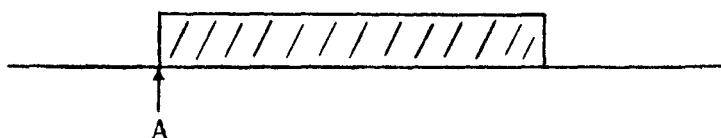


Fig 2.1

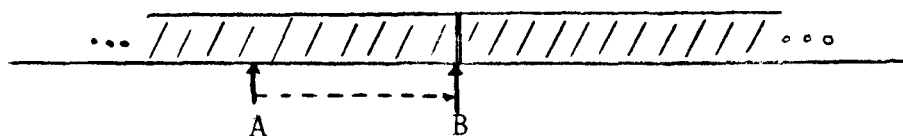


Fig 2.2

Acontecendo uma colisão, os pacotes colididos serão reescaloados para um tempo posterior escolhido aleatoriamente,

dentro de um "intervalo variável" com distribuição uniforme e que é função do número prévio de colisões do pacote. Após uma transmissão com sucesso, a estação reinicializa o "intervalo variável" para o próximo pacote.

O "algoritmo exponencial binário de backoff", também chamado de "AERB", escolhe um valor aleatório ( $X$ ) uniformemente distribuído:

$$X \in [0 \dots (2^{**} n) - 1] \quad \text{onde}$$

$$n = \text{mínimo} (k, 10) \quad \text{e}$$

$$k = \text{número de colisões do pacote}$$

O instante da próxima tentativa de transmissão ( $Tr$ ) será dado por

$$Tr = t + (X * UT) \quad \text{onde}$$

$$t = \text{tempo da detecção da colisão e}$$

$$UT = \text{Unidade de tempo para retransmissão (geralmente 1-slot)}$$

Uma definição importante que será muito utilizada posteriormente é o SLOT: é o intervalo de tempo equivalente a "duas vezes o tempo necessário para o sinal se propagar de um extremo a outro do barramento (round-trip propagation delay)". Este é o tempo necessário para uma estação que iniciou sua transmissão, ter a garantia que o seu pacote foi transmitido com sucesso, sem interferências de outras estações (sem colisão).

Após 16 (dezesseis) tentativas mal sucedidas, a estação "aborta" o pacote, deixando para as camadas mais altas de software a responsabilidade para que novas tentativas de transmissão sejam feitas.

O reescalamento realizado pelo "Algoritmo Exponencial Binário de Backoff" tem como objetivo, evitar colisões sucessivas e manter a estabilidade da rede em cargas altas.

#### 2.3.2.- FORMATO DO PACOTE E ENDEREÇAMENTO.

O formato do pacote-Ethernet evoluiu junto com a rede. As figuras 2.3 e 2.4 mostram as diferenças existentes entre o formato inicial do pacote (2.3) e o formato padrão atual (2.4). As alterações foram realizadas principalmente para facilitar a ligação da rede local Ethernet com outras redes (maior campo origem e destino do sinal) e para aumentar a confiabilidade da transmissão (CRC maior).

- CAMPO DESTINO: (48 bits) contém o endereço da estação a qual o pacote está sendo enviado. Cada estação examina este campo de todos os pacotes colocados na rede, para decidir se aceita ou não o pacote.



Destino (1 Byte)
Origem (1 Byte)
Tipo (2 Bytes)
Dados
0 - 554 Bytes
C.R.C. (2 Bytes)

Fig. 2.3

Destino (6Bytes)
Origem (6 Bytes)
Tipo (2 Bytes)
Dados
46 - 1500 Bytes
C.R.C. (4 Bytes)

Fig. 2.4

- CAMPO ORIGEM: (48 bits) contém o endereço físico da estação remetente do pacote.
- CAMPO TIPO DO PACOTE: (16 bits) utilizado para identificar o protocolo de mais alto nível associado ao pacote. Determina como devem ser interpretados os "bytes" do campo de dados.
- CAMPO DADOS: contém um número variável inteiro de bytes (48 a 1500 bytes). O tamanho mínimo deste campo, deve ser tal que o tempo de transmissão do pacote seja maior que o "fragmento" dos pacotes causado por uma colisão.
- CAMPO CRC: (Cyclic Redundance Check) contém 32 bits e serve para detetar erros ocorridos durante a transmissão (no Ether). É gerado pelo polinômio:  

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$
e cobre todos os campos do pacote |DIGITAL 82|.

Atualmente existem 2 tipos diferentes de endereçamento:

a) ENDEREÇAMENTO FÍSICO: é o endereço único associado a uma estação específica da rede Ethernet e

b) ENDEREÇAMENTO "MULTICAST": é o endereço múltiplo associado a mais de uma estação da rede. Existem 2 tipos de endereçamento "multicast":

b1) "MULTICAST-GROUP": endereço para um grupo lógico de estações e

b2) "BROADCAST": endereço para todas as estações pertencentes à rede.

O primeiro bit do endereçamento indica se é endereço físico (0) ou endereço "multicast" (1).

### 2.3.3.- PARTES INTEGRANTES DE UMA REDE LOCAL ETHERNET.

As partes importantes da arquitetura de uma rede local Ethernet, estão mostradas na fig. 2.5 |DIGITAL 82| e são descritas a seguir:

a) SISTEMA DE TRANSMISSÃO. Formado pelo meio de transmissão ou barramento que é um cabo coaxial, e alguns componentes necessários: conectores, repetidores, transceivers, terminadores, mecanismos de "conexão" ao barramento (taps), etc.

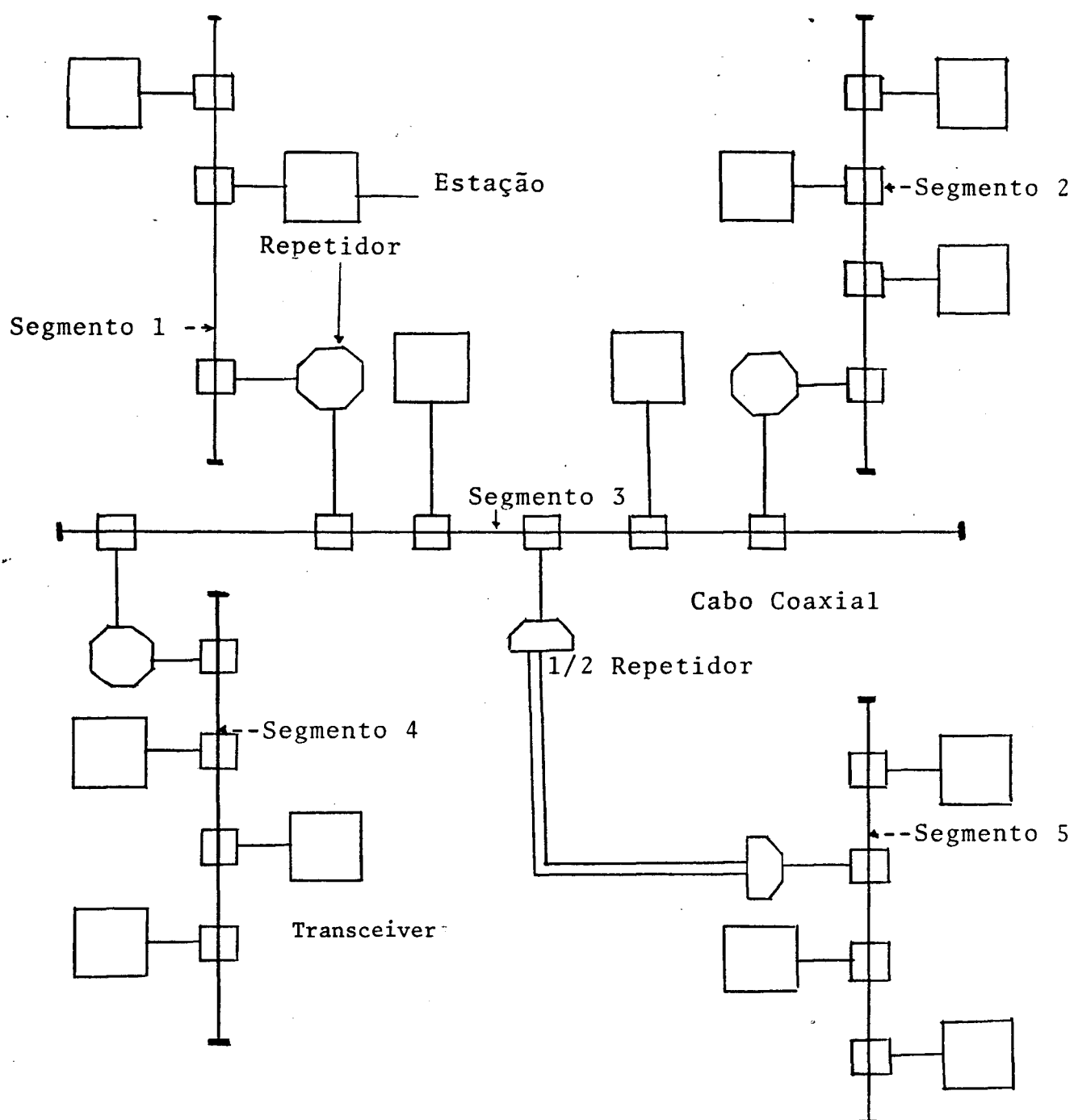


Fig. 2.5 - Rede ETHERNET complexa.

- **TRANSCEIVERS:** contém a eletrônica necessária para transmitir e receber sinais do canal, e reconhecer quando uma estação está transmitindo. A ocorrência de colisões pode ser detetada neste mecanismo.

- **REPETIDORES:** Utilizados para estender o comprimento do cabo coaxial além do limite estabelecido dos 550 mts. Servem para a regeneração do sinal e são transparentes ao resto do sistema.

b) ESTAÇÃO. É a unidade básica endereçável conectada à rede. Geralmente são computadores (micros, minis etc), servidores de arquivo, controladores de terminais ou qualquer dispositivo de entrada/saída que tenha recursos (hardware e software) suficientes para "entender" e "falar" o protocolo da rede.

c) CONTROLADOR. Associado a cada estação, existe um CONTROLADOR que é o conjunto de funções e algoritmos necessários para acessar a rede: codificação, decodificação, empacotamento, conversor serial paralelo, reconhecimento de endereços etc.

d) INTERFACE CONTROLADOR SISTEMA DE TRANSMISSÃO. Chamada também de "cabo interface do Transceiver", é uma interface muito simples, cuja função é transportar dados do controlador para o sistema de transmissão e viceversa.

## 2.4.- POLÍTICAS DE ACESSO DO PROTOCOLO CSMA-CD

"Política de Acesso" ou simplesmente "política", está definida como sendo o método utilizado na resolução de colisões e a atitude tomada por todas as estações integrantes da rede quando desejam transmitir e encontram o canal livre ou ocupado (por uma transmissão ou colisão). Dentro do protocolo CSMA-CD, 3 políticas de acesso ao barramento são comumente analisadas: não-persistente, 1-persistente [KLEINROCK 75] e p-persistente [KLEINROCK 76 e TORAGI 80].

Estas 3 políticas tem um ponto em comum que é: quando um pacote está pronto para transmissão e o canal está livre, a estação pode iniciar imediatamente a sua transmissão. Se o meio de transmissão estiver ocupado, a estação age de acordo com a política implementada.

### 2.4.1.- POLÍTICA 1-persistente (ETHERNET)

Se já existe uma transmissão em andamento, a estação espera terminar a transmissão corrente e imediatamente inicia a transmissão do seu pacote (fig 2.1). Se ocorre uma colisão, as estações envolvidas cancelam as transmissões iniciadas e escalonam os pacotes para uma retransmissão posterior após um tempo aleatório escolhido a partir de uma distribuição uniforme

(algoritmo de backoff AEBB).

#### 2.4.2.- POLÍTICA Não-persistente

Se na chegada de um pacote na rede, o canal já está ocupado por outra transmissão, a estação simplesmente escalona o pacote para retransmissão num tempo aleatório posterior, baseado no algoritmo de backoff.

#### 2.4.3.- POLÍTICA p-persistente

Esta política generaliza a política 1-persistente. Se uma estação tem um pacote pronto para transmitir, a estação aguarda o final da transmissão corrente e:

(i) Inicia a transmissão com probabilidade " $p$ "

(ii) Com probabilidade " $1-p$ " atrasa a transmissão por um intervalo de tempo equivalente a 1 slot. Se neste novo tempo o canal estiver ocupado, a estação escalona para uma retransmissão posterior de acordo com o algoritmo AEBB, caso contrário a estação repete os passos (i) e (ii). Um ponto importante nesta política, é a escolha da probabilidade " $p$ ". É desejável que o valor de " $p$ " não seja fixo e sim variável (entre 0 e 1) dependendo principalmente da carga na rede. Na seção 3.1 estão descritos vários métodos para estimar o valor da probabilidade " $p$ ".

## 2.5.- POLÍTICAS DE ACESSO PROPOSTAS

Nesta seção apresentamos 2 políticas de acesso propostas com a finalidade de compararmos o desempenho com as outras políticas da seção 2.4. Os resultados das simulações destas políticas também estão apresentados no capítulo 4.

### 2.5.1.- POLÍTICA p-persistente-total

Esta política de acesso tenta melhorar a política p-persistente (seção 2.4.3). Se o canal está livre, sem transmissão corrente, a estação com pacote pronto pode iniciar a transmissão. Caso contrário, se o canal está ocupado, a estação aguarda o final da transmissão corrente e:

- (i) Inicia a transmissão com probabilidade "p"
- (ii) Com probabilidade "1-p" atrasa a transmissão para o próximo slot. Se neste instante o canal estiver livre (sem transmissão) a estação repete os passos (i) e (ii) deste algoritmo. Caso contrário, se neste slot o canal já está ocupado, a estação aguarda o final desta nova transmissão e repete o algoritmo (persiste novamente).

Nesta política (PPT), uma estação persiste até ser favorecida para transmissão ou então ser reescalorada devido a uma colisão. Após 16 colisões o pacote será abortado.

Como podemos observar, a diferença está quando o canal está ocupado pela segunda vez: a política p-persistente utiliza o algoritmo de backoff (AEBB) para reescalamento, a política p-persistente total "não" reescala e tenta novamente.

#### 2.5.2.- POLÍTICA sem-reescalamento.

Esta política é um tanto diferente das vistas anteriormente porque não utiliza o algoritmo de backoff, por tanto os pacotes nunca são reescalados. Se o canal está livre, uma estação com um pacote pronto, pode iniciar a transmissão. Se o canal está ocupado, a estação aguarda a finalização da transmissão corrente e:

- (i) Com probabilidade " $p$ " inicia a transmissão. Acontecendo uma colisão, apenas as estações envolvidas farão uma nova tentativa no próximo slot (com novo valor de " $p$ ").
- (ii) Com probabilidade " $1-p$ " não transmite e fica escutando o canal.
  - (a) Se ninguém iniciou uma transmissão, cada estação tentará novamente no próximo slot (com uma probabilidade maior).
  - (b) Se já foi iniciada uma transmissão (por uma outra estação favorecida pela probabilidade), a estação continua monitorando o canal e repete o algoritmo.
  - (c) Se acontece uma colisão, a estação que não foi favorecida, deverá aguardar uma transmissão com sucesso para poder repetir o algoritmo. As estações que colidiram, tentarão novamente no próximo slot.



Dado que a filosofia desta política é diferente das outras com reescalamento, o critério para permitir que pacotes sejam abortados, não pode ser igual ao critério das políticas com reescalamento (algoritmo AEBC), pois um pacote pode colidir varias vezes durante um período de resolução de colisões e não ser favorecido para a transmissão. Por tanto, o limite de 16 colisões não é conveniente aplicá-lo nesta política. O critério escolhido que pode ser facilmente adaptado a uma rede é: uma estação limitar o "número de tentativas fracassadas de transmissão" de um determinado pacote. Tentativas fracassadas quer dizer que a probabilidade "p" não lhe favoreceu ou então, "p" lhe foi favorável e o pacote colidiu (1 ou mais vezes) mas não foi transmitido. Por exemplo, se o limite for de 10 tentativas, cada estação com pacote pronto para transmitir deverá tentar no máximo 10 vezes e logo abortar. Observe que esta limitação é por pacote, ou seja que a cada transmissão ou aborto, o contador do número de tentativas de cada estação deve ser zerado.

Esta política favorece ou dá prioridade aos pacotes que sofrem colisão permitindo que uma nova tentativa seja feita no próximo slot. Num modelo teórico, o ideal é conhecer o número exato de estações tentando transmitir ou que colidiram, assim o valor da probabilidade "p" é sempre  $1/N$ , onde N é o número de estações querendo transmitir. Como isto não pode ser conseguido

na prática, 2 algoritmos adaptativos para esta "política probabilística" serão descritos na seção 3.1.2.

## C A P Í T U L O      3

### CARACTERÍSTICAS E MODELO DA REDE ANALISADA

#### 3.1.- ALGORITMOS PARA CÁLCULO DA PROBABILIDADE "p".

O valor da probabilidade "p" deve ter um comportamento dinâmico, estritamente relacionado com a carga na rede. A definição de carga neste contexto quer dizer, a quantidade de estações querendo ou esperando por transmitir. Por tanto, o valor de "p" está em uma relação inversa com a carga: quanto maior seja a carga na rede, a probabilidade com que cada estação tem para iniciar a transmissão do seu pacote, deve ser menor e viceversa.

Os critérios utilizados para estimar a carga na rede e consequentemente a probabilidade "p", são diferentes para as políticas com backoff (p-persistente 2.4.3 e p-persistente total 2.5.1) e para a política proposta "sem o algoritmo AEBC" (2.5.2).

### 3.1.1.- POLÍTICAS "COM BACKOFF" (PP e PPT).

Nestas 2 políticas, a probabilidade "p" deve variar em valores próximos de "0" (quando a carga é muito alta) e "1" (quando a carga é baixa). A política 1-persistente utilizada por Ethernet, é considerada um caso particular da política p-persistente com valor de probabilidade constante igual a "1".

A seguir apresentamos os 2 esquema propostos junto com o esquema "ótimo" para efeitos de comparação. O critério utilizado para estimar a carga na rede, está baseado no "passado" ou "histórico" do pacote.

3.1.1.1.- ESQUEMA "ÓTIMO". Este esquema funciona da seguinte maneira: se existem "N" estações aguardando o final de uma transmissão, a probabilidade com a qual as estações iniciam a sua transmissão é de  $1/N$  (fig 3.1) e retardam para o próximo slot com probabilidade  $1 - 1/N$  (seção 2.4.3 e 2.5.1). Este esquema "ótimo" [ALMES 79] é apenas teórico e impossível de ser conseguido na prática porque as estações da rede não tem nenhuma informação das "intenções" das outras estações. Se cada estação tivesse uma "bola de cristal", poderia então conhecer a carga na rede naquele instante. Para maior facilidade, este esquema será chamado de p-ótimo.

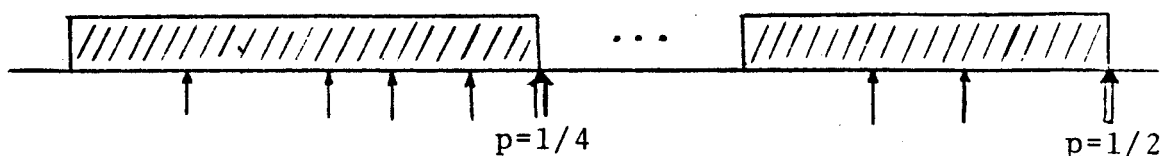


FIG 3.1

3.1.1.2.- ESQUEMA "LINEAR". Com este algoritmo, chamado de "p-linear", cada estação tenta estimar a carga na rede (para cada pacote a ser transmitido), baseado no número das colisões ou tentativas prévias que teve o pacote. Inicialmente, quando o pacote foi gerado por uma estação, o valor de "p" é igual a 1. Se na sua primeira tentativa de transmissão não teve sucesso, o valor de "p" vai para 1/2, na próxima tentativa cai para 1/3, depois 1/4 e assim sucessivamente. Generalizando, a probabilidade "p" de um determinado pacote na sua n-ésima tentativa de transmissão está dada por

$$p_n = 1/n \quad \text{onde } n = \text{número de tentativas.}$$

A probabilidade é reinicializada para o próximo pacote da estação, ou seja após uma transmissão com sucesso ou após a estação abortar um pacote.

3.1.1.3.- ESQUEMA "EXPONENCIAL". O critério utilizado para estimar a carga neste esquema (p-exponencial), é o mesmo que o anterior com a diferença que a probabilidade "p" decresce mais rápido que no p-linear. Inicialmente, "p" é igual a 1, na

próxima tentativa é  $1/2$ , depois é  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/16$ , etc, até atingir o valor de  $1/256$  (256 é o número máximo aconselhável de estações para este tipo de rede). Generalizando, o novo valor de probabilidade após cada tentativa mal sucedida, é a metade da probabilidade anterior.

$$p_i = p_{i-1} / 2 \quad \text{e} \quad p_1 = 1$$

onde  $p_i$  é a probabilidade do pacote na  $i$ -ésima tentativa de transmissão.

Nos dois esquemas, o objetivo é estimar qual é a carga na rede para cada pacote gerado por uma estação. Para isso partimos do valor inicial  $p_1 = 1$ , supondo que apenas "1" estação está tentando iniciar uma transmissão. Posteriormente, após cada tentativa de transmissão mal sucedida, o valor estimado da carga é aumentado (2, 3, 4, ... 256 ou 2, 4, 8, ... 256 estações). O valor da probabilidade nestes 2 esquemas é atualizado somente quando o algoritmo de backoff é utilizado.

Um detalhe interessante destes esquemas é que as estações acessam à rede, geralmente com probabilidades diferentes e sem necessidade de monitoração constante do canal.

### 3.1.2.- POLÍTICA "SEM BACKOFF".

Para esta política de acesso ao barramento, devido à ausência do AEBB (apenas as estações que colidem, podem tentar novamente no próximo slot, seção 2.5.2) utilizamos um outro critério para estimar a carga na rede. Definimos 2 tipos de probabilidades: uma ( $p_1$ ) calculada após o término de cada transmissão e usada antes do início da próxima transmissão para estimar a carga na rede nesse instante, e outra ( $p_2$ ) que é utilizada durante o período de resolução das colisões apenas pelas estações que colidiram. A probabilidade " $p_1$ " tenta evitar uma possível colisão, minimizando o número de estações favorecidas para iniciar a transmissão e consequentemente, minimizar a duração do período de resolução de colisões (slots sucessivos).

Outra diferença com relação aos esquemas da seção 3.1.1 é que as probabilidades " $p_1$ " e " $p_2$ " deste esquema, ao longo do tempo, são comuns para todas as estações.

Para esta política também apresentamos 2 esquemas para calcular as probabilidades " $p_1$ " e " $p_2$ " junto com o esquema "ótimo" para poder compará-los.

3.1.2.1.- ESQUEMA "ÓTIMO". Este esquema é semelhante com o esquema ótimo apresentado em 3.1.1.1: seja  $N$  o número de estações aguardando o final da transmissão de um pacote, então " $p_1 = 1/N$ "; se  $Q$  estações colidiram, então no próximo slot as  $Q$ -estações tentarão transmitir com " $p_2 = 1/Q$ ". Apartir deste instante, o valor de " $p_2$ " varia de acordo com o número de estações que colidem (fig 3.2).

3.1.2.2.- ESQUEMA COM " $p_1$ " ADAPTATIVO A CARGA. A probabilidade " $p_1$ " é usada para o sistema se adaptar à carga na rede, atualizando seu valor após cada transmissão. O mecanismo de "adaptação" depende exclusivamente do que acontece na rede no primeiro slot após uma transmissão bem sucedida. São 3 as alternativas possíveis do primeiro slot após uma transmissão:

- a) SLOT OCIOSO: significa que a probabilidade " $p_1$ " está pequena ou em outras palavras que a carga na rede está caindo, portanto a probabilidade " $p_1$ " para a próxima transmissão será aumentada:  $p_1 := p_1 * 2$  (fig 3.3a).
- b) SLOT DE TRANSMISSÃO: indica que a probabilidade " $p_1$ " está com o valor ideal, pois apenas uma estação foi favorecida para transmissão: " $p_1$ " não é alterado (fig 3.3b).
- c) SLOT DE CONTENÇÃO: quer dizer que a carga na rede está aumentando e que o valor atual da probabilidade " $p_1$ " é



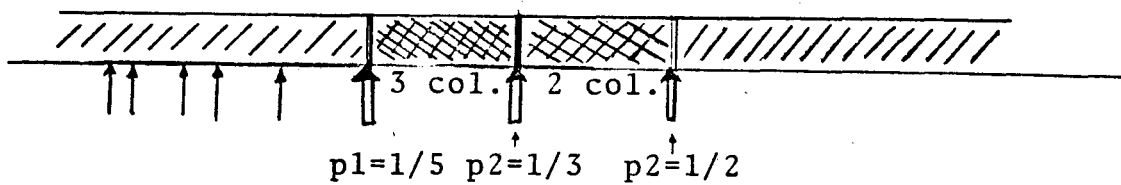
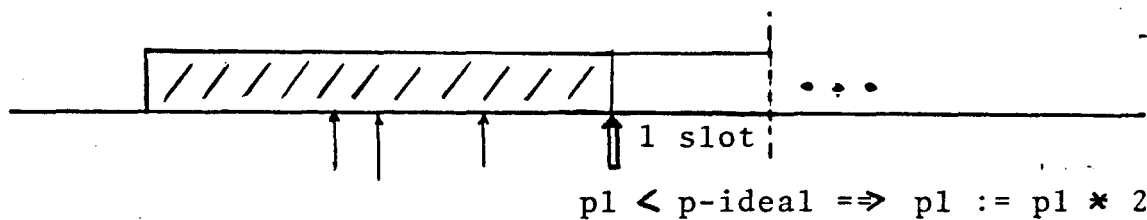
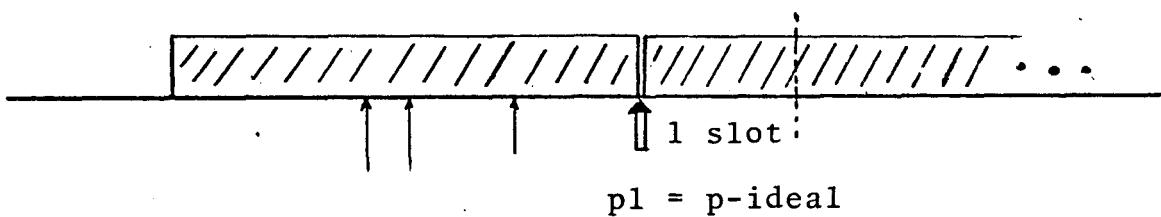


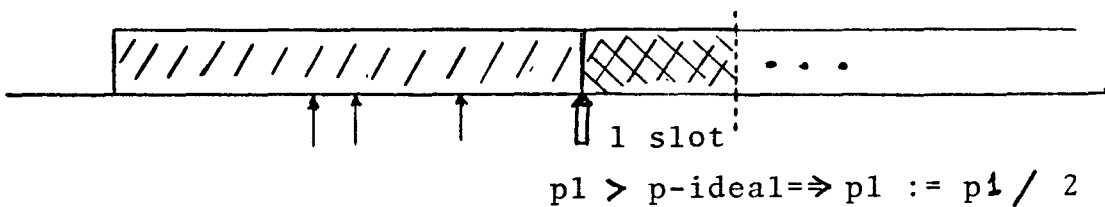
Fig 3.2



(a)



(b)



(c)

grande devendo ser decrementada:  $p1 := p1 / 2$  (fig 3.3c). Neste caso, existe um valor mínimo de probabilidade limitado pelo número de estações. Esta limitação foi escolhida para não permitir probabilidades menores do que  $1/N$ , onde  $N$  é o número de estações da rede.

Com este esquema, a probabilidade "p1" da rede é capaz de se adaptar a variações bruscas de carga.

O valor de "p2" tanto para este esquema como para o seguinte é mantido constante:  $p2 = 1/2$ . Assim o número de slots dedicados à resolução de colisões após uma transmissão ou antes da próxima transmissão, tem um valor médio em torno do logaritmo na base 2 do número de estações que colidiram devido à probabilidade "p1". Esta propriedade será demonstrada na seção 4.2.1.

**3.1.2.3.- ESQUEMA COM "p1" EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE ESTAÇÕES.** O valor de "p1" depende inicialmente do número de estações correntemente conectadas na rede. Este valor foi definido como sendo  $p1 = 1/(N/2)$  onde  $N$  é número de estações. Ou seja, este esquema supoe que após uma transmissão com sucesso, existem metade das estações querendo transmitir. Se o slot ficar ocioso porque nenhuma estação foi favorecida, p1 passa a valer  $1/2$  até haver uma transmissão com sucesso quando então volta a

valer  $1/(N/2)$ . O valor inicial de " $p_1$ " somente é atualizado quando uma estação entra ou sai da rede. O valor de " $p_2$ " é constante igual a  $1/2$ .

Este esquema favorece às cargas médias e altas, mas penaliza um pouco às cargas leves porque introduz "ociosidade" entre duas transmissões sucessivas (antes de se iniciar o período de resolução de colisões): se cada estação tenta transmitir com uma probabilidade muito pequena em cargas leves (pucas estações), o slot seguinte a transmissão será ocioso. Por exemplo, se a rede tem 100 estações com  $p_1 = 1/50$  e apenas 4 estações estão desejando transmitir, a probabilidade de nenhuma delas transmitir é grande (aprox 0.92) por tanto, este slot fica ocioso. No slot seguinte as 4 estações tentarão com probabilidade  $p_2 = 1/2$ , e assim sucessivamente até uma delas transmitir com sucesso.

### 3.2.- "MEDIDAS" UTILIZADAS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO.

Os parâmetros utilizados para "medir" o desempenho de uma rede (local ou remota) são definidos pela aplicação a que a ela se destina. No caso de redes locais, as aplicações são mais variadas do que as redes remotas: automação industrial, automação de escritórios, comunicação de voz, compartilhamento

eficiente de recursos computacionais, sistemas de arquitetura distribuída, etc. Por exemplo, se uma rede está destinada para transmissão de voz ou para controle de processos em tempo real, é indispensável que o "atraso" dos pacotes na rede seja o mínimo possível e sempre dentro da tolerância exigida. Em outra aplicação de rede local, o tempo de resposta não é fundamental, mas sim a consistência da resposta. Isto quer dizer que ao se "projetar" uma rede local deve-se fazer com muito cuidado levando em conta a sua aplicação principal.

Três "Medidas de Desempenho" foram escolhidas para avaliar o desempenho de redes locais tipo Ethernet:

### 3.2.1.- "THROUGHPUT" EFETIVO.

Podemos considerar que o tempo na rede está dividido em intervalos: intervalo ocioso (sem a presença do "carrier"), intervalo de transmissão (pacote sendo transmitido com sucesso) e intervalo de contenção (período de resolução de colisões). O "throughput efetivo" está definido com sendo a proporção de tempo em que a rede transmite pacotes com sucesso. Outra medida semelhante conhecida como "eficiência do throughput" é a razão entre o intervalo de transmissão e o tempo que a rede permanece ocupada (intervalo de transmissão mais o intervalo de contenção) [ALMES 79] e [TOBAGI 80].

### 3.2.2.- TEMPO MÉDIO DE RESPOSTA OU "ATRASSO".

É o intervalo médio de tempo desde o momento em que o pacote está pronto para transmissão até o final da transmissão com sucesso. A comparação dos diversos tamanhos de pacotes, somente é possível se "normalizados" em relação a um certo tamanho de pacote. Neste caso foi normalizado em relação a pacotes de 512 bits, ou seja o atraso de pacotes de 256 bits será multiplicado por 2 e o de 2048 bits dividido por 4.

### 3.2.3.- PACOTES ABORTADOS.

É a quantidade de pacotes que foram abortados até o final da simulação. Esta medida está fortemente relacionada com o tempo de resposta: os pacotes abortados até o final da simulação, não são contabilizados para o cálculo do atraso médio normalizado dos pacotes transmitidos. Os pacotes abortados tem um tratamento adequado, de acordo com a aplicação a qual a rede está dedicada, por tanto, a decisão de novas tentativas de transmissão corresponde a um protocolo de mais alto nível.

### 3.3.- CARACTERÍSTICAS DO MODELO DE REDE ANALISADO.

As características da rede analisada mediante simulação são semelhantes às utilizadas na rede experimental [METCALFE 76, ALMES 79]. É considerada uma rede de propósito geral, sem uma aplicação específica.

O barramento consiste de um cabo coaxial de 1000 metros de comprimento com uma velocidade de propagação do sinal de 200 m/us e uma taxa de transmissão de 3 Mbps. O tempo do slot (round trip propagation delay) é portanto de 10 us (duas vezes o máximo tempo de propagação). A unidade de tempo utilizada no algoritmo AEBB (seção 2.3.1) para determinar o instante da próxima tentativa de transmissão é de 38 us. que é a unidade de tempo utilizado por [ALMES 79] e [CRANE 80].

Os pacotes transmitidos são de 3 tamanhos fixos: 256, 512 e 2048 bits. O modelo simulado possui população finita (50, 100, 200 estações) com processo poissoniano de chegada de pacotes na rede, portanto o intervalo entre chegadas de pacotes tem uma distribuição exponencial com uma média em função da "carga média" na rede. Esta "carga média" é calculada em função da capacidade de transmissão (carrier) e do tamanho do pacote, ou seja, em função do tempo de transmissão dos pacotes.

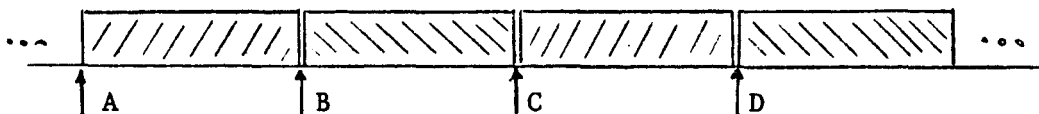
O tempo de transmissão dos pacotes para uma taxa de transmissão de 3 Mbps, é o seguinte:

pacotes de 256 bits =  $256 \text{ b} / 3 \text{ Mbps} \sim 85 \text{ us}$ .

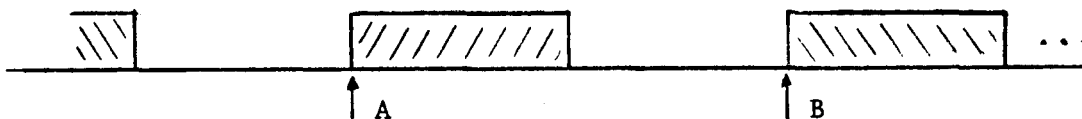
pacotes de 512 bits =  $512 \text{ b} / 3 \text{ Mbps} \sim 170 \text{ us}$ .

pacotes de 2048 bits =  $2048 \text{ b} / 3 \text{ Mbps} \sim 680 \text{ us}$ .

assim, uma carga média de 100 % na rede com pacotes de 512 bits significa que o intervalo médio entre duas chegadas de pacotes é de 170 us. Uma carga média de 50 % indica que a duração média entre 2 chegadas é de 340 us (fig 3.4). Na tabela 3.1, estão os valores médios (MI) para os diversos pacotes e cargas variando de 10 % a 100 % .



(a) - Carga de 100 %.



(b) - Carga de 50 %.

Fig. 3.4

	CARGA (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
256 bits	850	425	283	212	170	141	121	106	94	85
512 bits	1700	850	566	425	340	283	242	212	188	170
2048 bits	6800	3400	2266	1700	1360	1133	971	850	755	680

Tab. 3.1

Tempos "médios" entre transmissões (ms)

O modelo de "população finita" se aproxima mais de um modelo real de rede. Um modelo de simulação semelhante mas com "população infinita" pode ser encontrado em [PRIETO 85]. Os número de estações assim como os tamanhos dos pacotes foram escolhidos para poder "validar" os valores obtidos mediante a simulação, com os valores apresentados em [METCALFE 76] E [ALMES 79].



## C A P Í T U L O      4

### MEDIDAS DE DESEMPENHO DE REDES LOCAIS TIPO "ETHERNET".

No capítulo anterior, foram descritos os 3 itens escolhidos para avaliar o desempenho deste tipo de rede, assim como as características do modelo utilizado para a simulação. Neste capítulo apresentamos os valores obtidos nas simulações das políticas descritas em 2.4 e 2.5 dentro do protocolo CSMA-CD .

Simulamos 3 situações diferentes na rede: 50, 100, e 200 estações. Cada estação contribui com uma "carga média individual" (CI) dando origem à "carga média total" (CT) definida como

$$CT = \sum CI.$$

A carga CT varia de 5 % a  $N*100$  % onde N = número de estações, ou seja, a carga total varia até o ponto em que cada estação presente na rede coloca 100 % de carga individual. Para simplificar o modelo simulado, mas sem perda da generalidade, assumimos que todas as estações colocam cargas equivalentes na rede, portanto

$$CI = CT / N \quad (N = \text{nm. de estaes}).$$

A carga na rede está definida como sendo uma propor da capacidade de transmisso do cabo, calculado em funo do tamanho do pacote (seo 3.3) [ALMES 79].

O tempo de atividade da rede simulada para cada carga CT,  equivalente para os 3 tamanhos de pacotes: 1 seg. para pacotes de 256 bits, 2 seg. para pacotes de 512 bits e 8 segundos para pacotes de 2048 bits. A quantidade de pacotes gerados por cada estao oscila entre 250 e 400, dependendo da poltica simulada.

As tabelas apresentadas neste captulo, esto organizadas por polticas especficas. Em cada página, constam os 3 tamanhos de pacotes, os 3 itens considerados para analisar o desempenho, as 3 situaes da rede (50, 100 e 200 estaes), as cargas totais (CT) variando de 5 % até 5000, 10000 ou 20000 % dependendo do nmero de estaes. Foi escolhida esta apresentao por permitir uma visualizao rápida e eficiente dos valores obtidos.

As tabelas esto divididas em 2 grupos: o primeiro corresponde às simulaes das polticas que utilizam o algoritmo para reescalamento dos pacotes (AEBB), e o segundo às simulaes da poltica que no utiliza o reescalamento.

#### 4.1.- RESULTADOS DAS POLÍTICAS COM REESCALONAMENTO.

Inicialmente apresentamos os valores obtidos da simulação dos 3 esquemas (p-ótimo, p-linear e p-exponencial) que estimam a probabilidade "p" da rede para as políticas p-persistente e p-persistente total. Uma vez escolhido o melhor esquema para cada política, apresentamos os valores das 4 políticas que não utilizam o reescalonamento.

##### 4.1.1.- ESCOLHA DO MELHOR ESQUEMA DA POLÍTICA "P-PERSISTENTE".

As tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 mostram os valores obtidos com o esquema "p-ótimo". O esquema "p-exponencial" está representado nas tabelas 4.4, 4.5 e 4.6. Finalmente o "p-linear" está nas tabelas 4.7, 4.8 e 4.9.

Observando as tabelas, podemos deduzir que o esquema que apresenta melhores resultados, é o esquema com probabilidade exponencial (tab 4.4 a 4.6). Este esquema apresenta um melhor throughput, menor atraso normalizado e praticamente a mesma proporção de pacotes abortados do que o esquema p-linear (tab 4.7 a 4.9). Em geral, esta política apresenta uma ligeira instabilidade (com o aumento da carga, o throughput efetivo cai) quando o número de estações é grande e pacotes pequenos (fig 4.1). Com pacotes grandes a instabilidade é bem menor (fig 4.2).

PACOTES 256 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.4	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.8	9.8	9.8	0.0	0.0	0.0	0.19	0.18	0.18
15	14.8	15.0	14.7	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.19
20	19.9	20.0	20.4	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
25	24.8	25.4	24.4	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.23
30	29.2	29.7	29.4	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
35	35.0	34.5	34.7	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.25
40	39.4	39.5	39.4	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.29
45	44.5	44.1	44.5	0.0	0.0	0.0	0.31	0.32	0.31
50	49.0	48.7	48.7	0.0	0.0	0.0	0.34	0.36	0.35
55	53.3	53.9	53.4	0.0	0.0	0.0	0.39	0.43	0.42
60	57.7	58.3	59.2	0.0	0.0	0.0	0.50	0.52	0.53
65	63.5	62.9	62.2	0.0	0.0	0.0	0.56	0.65	0.66
70	66.5	67.6	68.2	0.0	0.0	0.0	0.73	0.78	0.89
75	69.7	70.7	71.7	0.0	0.0	0.0	0.83	0.93	1.13
80	73.6	75.0	76.0	0.0	0.0	0.1	1.04	1.36	1.87
85	75.7	77.8	78.8	0.0	0.1	0.4	1.20	1.73	2.39
90	77.7	79.8	80.7	0.1	0.2	0.9	1.69	2.31	3.53
95	79.5	81.2	82.3	0.2	0.4	1.9	1.89	2.82	5.32
100	80.3	82.1	82.5	0.2	0.7	3.4	2.04	3.40	6.63
110	82.3	83.2	82.1	0.5	1.9	6.2	2.73	4.87	9.27
120	82.5	82.7	81.5	0.8	3.2	9.6	3.24	5.98	11.50
130	83.1	83.2	80.8	1.2	4.3	12.0	3.60	6.97	12.94
140	83.0	82.7	80.1	1.5	5.6	15.2	4.16	7.75	14.82
150	83.5	82.7	79.7	1.8	6.8	17.8	4.56	8.38	15.61
160	83.4	82.2	79.3	2.3	7.9	19.5	4.89	9.18	16.50
170	83.5	82.2	78.9	2.4	8.9	20.9	5.17	9.51	17.31
180	83.0	82.0	78.4	2.8	9.7	23.6	5.49	10.08	18.16
190	83.2	81.7	78.5	3.3	10.8	24.7	5.71	10.60	18.38
200	83.2	80.9	78.0	3.2	11.6	25.9	5.84	10.83	18.96
250	83.3	80.7	76.5	4.4	15.0	31.5	6.56	12.08	20.34
300	83.0	80.3	75.8	5.7	17.1	35.5	7.07	12.75	20.94
400	82.6	79.3	74.4	6.6	20.1	40.3	7.74	13.51	21.56
500	82.4	79.2	73.7	7.3	21.9	42.9	8.05	14.00	21.71
600	81.9	79.1	73.5	8.0	22.7	44.7	8.29	14.27	21.66
700	82.3	78.8	72.9	8.2	23.5	46.3	8.43	14.52	21.66
800	82.0	78.1	72.3	8.4	24.4	47.4	8.58	14.70	21.68
900	81.9	78.3	72.1	8.6	24.6	48.2	8.68	14.78	21.71
1000	81.8	78.4	72.0	9.1	25.3	48.9	8.71	14.75	21.68
1500	81.7	77.5	71.2	9.6	26.6	50.8	8.92	15.08	21.66
2000	81.3	77.4	70.7	10.2	27.2	52.0	9.04	15.17	21.53
2500	81.2	77.7	70.6	10.1	27.8	52.5	9.11	15.13	21.56
3000	81.2	77.5	70.5	10.6	28.1	52.9	9.14	15.10	21.50
3500	81.0	77.4	70.4	10.4	28.1	53.3	9.20	15.27	21.34
4000	80.8	77.2	69.8	10.4	28.6	53.5	9.23	15.22	21.60
4500	80.6	77.4	70.1	11.0	28.8	53.6	9.22	15.18	21.42
5000	80.6	77.1	70.2	11.0	28.8	53.9	9.23	15.29	21.32
6000		77.1	70.1		29.0	54.1		15.26	21.30
7000		76.8	69.9		29.2	54.1		15.30	21.41
8000		76.9	69.4		29.4	54.4		15.27	21.40
9000		77.1	69.3		29.4	54.7		15.23	21.29
10000		76.6	69.3		29.7	54.8		15.25	21.25
15000			69.4			54.8		21.33	
20000			69.2			55.2		21.23	

Tab 4.1

PACOTES 512 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.4	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.9	9.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	14.8	15.2	15.0	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.0	20.2	19.8	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.19
25	24.4	24.8	24.6	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
30	29.5	30.1	30.0	0.0	0.0	0.0	0.21	0.22	0.22
35	34.9	34.9	34.7	0.0	0.0	0.0	0.24	0.22	0.23
40	39.5	39.4	39.5	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25
45	44.7	44.9	44.8	0.0	0.0	0.0	0.27	0.27	0.28
50	49.7	49.2	49.3	0.0	0.0	0.0	0.29	0.28	0.28
55	53.7	53.8	54.1	0.0	0.0	0.0	0.31	0.33	0.31
60	59.5	58.7	59.9	0.0	0.0	0.0	0.36	0.37	0.38
65	62.9	63.4	64.2	0.0	0.0	0.0	0.39	0.44	0.44
70	68.1	67.5	67.9	0.0	0.0	0.0	0.47	0.47	0.51
75	72.5	73.3	73.9	0.0	0.0	0.0	0.56	0.62	0.67
80	74.9	77.2	76.8	0.0	0.0	0.0	0.67	0.74	0.82
85	78.8	80.3	82.6	0.0	0.1	0.3	0.80	0.87	1.26
90	82.5	84.2	84.6	0.1	0.2	0.4	0.96	1.31	1.61
95	84.9	86.7	87.1	0.1	0.4	1.1	1.15	1.62	2.32
100	86.5	89.0	89.6	0.4	0.9	2.2	1.39	2.15	3.40
110	89.1	90.6	90.7	0.7	2.4	5.9	1.82	3.14	5.68
120	90.7	91.0	90.6	1.4	5.0	10.2	2.37	4.35	7.87
130	91.4	91.2	90.4	2.0	6.7	13.9	2.69	5.10	9.38
140	91.5	91.1	90.2	2.8	9.3	17.4	3.18	5.80	10.73
150	91.5	91.1	90.1	4.2	10.7	20.9	3.62	6.46	11.52
160	91.6	90.9	89.7	4.5	12.3	23.9	3.86	6.88	12.30
170	91.7	90.7	89.7	5.5	14.5	26.0	4.16	7.43	12.81
180	91.5	90.7	89.6	6.2	16.1	28.3	4.43	7.80	13.20
190	91.6	90.5	89.5	7.1	17.4	30.0	4.56	8.02	13.49
200	91.3	90.7	89.5	7.5	18.2	31.5	4.80	8.22	13.92
250	91.5	90.1	89.4	10.2	23.6	38.2	5.41	9.23	14.58
300	91.3	90.1	88.9	11.9	27.2	43.0	5.75	9.60	14.88
400	91.0	89.8	88.4	14.4	31.3	48.9	6.25	10.05	14.81
500	90.9	89.7	88.0	16.1	34.3	52.5	6.47	10.17	14.65
600	91.0	89.4	87.6	17.1	35.9	55.0	6.64	10.30	14.50
700	90.8	89.6	87.5	18.2	37.4	56.4	6.74	10.29	14.34
800	90.7	89.4	87.3	18.7	38.3	58.1	6.83	10.35	14.22
900	90.7	89.4	87.5	18.9	39.0	58.8	6.91	10.39	14.09
1000	90.7	89.2	87.1	19.5	39.9	59.8	6.91	10.39	13.94
1500	90.8	89.0	86.6	20.7	41.7	62.3	7.02	10.41	13.57
2000	90.5	88.9	86.5	21.9	42.8	63.4	7.05	10.37	13.41
2500	90.5	88.8	86.2	22.4	43.2	64.2	7.07	10.41	13.30
3000	90.3	88.7	85.9	22.6	44.0	64.8	7.10	10.32	13.19
3500	90.2	88.8	86.1	23.1	44.8	65.1	7.08	10.36	13.08
4000	90.0	88.7	86.1	23.1	44.7	65.4	7.14	10.29	13.02
4500	90.1	88.6	86.2	23.3	44.6	65.5	7.11	10.33	13.02
5000	90.2	88.3	86.1	23.7	45.2	65.8	7.08	10.27	12.92
6000		88.7	85.7		45.4	66.0		10.23	12.93
7000		88.6	85.6		45.5	66.4		10.25	12.84
8000		88.3	85.6		45.9	66.5		10.18	12.83
9000		88.6	85.5		45.9	66.5		10.19	12.84
10000		88.3	85.4		46.0	66.8		10.19	12.76
15000			85.3			67.1		12.65	
20000			84.9			67.5		12.55	

Tab. 4.2

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.8	9.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.0	15.0	14.8	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.18
20	20.2	19.7	20.1	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	25.0	25.3	25.3	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	29.6	29.4	29.6	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
35	34.5	34.7	35.1	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
40	39.6	39.7	39.3	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
45	44.6	43.2	44.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.23	0.25
50	49.0	49.2	49.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.26
55	53.4	54.1	54.4	0.0	0.0	0.0	0.28	0.29	0.28
60	59.2	59.8	58.7	0.0	0.0	0.0	0.30	0.32	0.31
65	63.4	64.5	62.9	0.0	0.0	0.0	0.32	0.33	0.33
70	68.2	67.2	68.0	0.0	0.0	0.0	0.36	0.37	0.38
75	73.4	71.9	73.8	0.0	0.0	0.1	0.41	0.43	0.47
80	77.0	78.6	79.0	0.1	0.2	0.2	0.47	0.56	0.62
85	81.8	82.8	82.0	0.2	0.3	0.6	0.60	0.66	0.70
90	85.7	85.0	85.9	0.3	0.6	1.0	0.68	0.79	1.10
95	88.9	90.6	88.2	0.7	1.4	1.6	0.81	1.18	1.43
100	91.2	92.8	93.3	0.9	2.3	3.5	0.96	1.49	2.38
110	94.9	95.4	96.0	2.3	4.0	7.7	1.34	1.99	4.10
120	96.4	96.9	96.7	4.4	8.9	12.5	1.71	3.07	5.46
130	97.2	97.3	96.9	6.9	13.0	18.4	2.12	3.89	7.18
140	97.6	97.3	96.9	9.9	16.8	22.1	2.55	4.36	7.96
150	97.6	97.3	97.0	11.7	20.8	26.7	2.74	4.90	8.70
160	97.6	97.3	96.9	13.6	23.3	30.5	2.95	5.25	9.36
170	97.6	97.3	96.9	16.2	26.4	33.8	3.18	5.46	9.73
180	97.6	97.3	96.9	18.3	29.6	36.2	3.35	5.71	9.95
190	97.5	97.3	97.0	20.1	31.2	38.8	3.49	5.89	10.16
200	97.6	97.3	97.0	21.9	33.3	40.9	3.56	5.97	10.21
250	97.5	97.3	97.0	28.1	40.7	49.8	3.90	6.25	10.48
300	97.5	97.2	97.1	32.3	46.2	55.8	4.06	6.31	10.15
400	97.4	97.2	97.0	37.7	53.3	63.2	4.17	6.17	9.50
500	97.4	97.2	97.0	41.2	57.2	67.6	4.19	6.00	8.95
600	97.4	97.2	97.0	43.4	59.8	70.5	4.21	5.86	8.42
700	97.4	97.2	97.0	44.8	61.9	72.7	4.20	5.72	8.02
800	97.4	97.3	96.9	46.2	63.1	74.3	4.18	5.63	7.72
900	97.4	97.3	96.9	47.2	64.4	75.6	4.16	5.53	7.47
1000	97.4	97.2	97.0	48.0	65.3	76.6	4.14	5.45	7.24
1500	97.4	97.2	97.0	50.5	68.1	79.5	4.08	5.20	6.56
2000	97.4	97.2	96.8	51.8	69.5	81.1	4.04	5.06	6.16
2500	97.4	97.1	96.8	52.7	70.4	82.0	4.00	4.96	5.93
3000	97.3	97.1	96.8	53.2	70.9	82.7	3.99	4.89	5.76
3500	97.3	97.1	96.7	53.5	71.3	83.1	3.97	4.85	5.65
4000	97.4	97.1	96.8	54.0	71.7	83.4	3.94	4.80	5.56
4500	97.3	97.1	96.8	54.3	71.9	83.6	3.93	4.78	5.50
5000	97.3	97.1	96.8	54.5	72.1	83.8	3.91	4.76	5.43
6000		97.1	96.7		72.5	84.2		4.70	5.34
7000		97.1	96.7		72.7	84.4		4.68	5.27
8000		97.1	96.7		72.9	84.6		4.66	5.23
9000		97.0	96.7		73.1	84.7		4.62	5.17
10000		97.1	96.6		73.2	84.8		4.60	5.15
15000			96.6			85.2			5.04
20000			96.6			85.3			4.99

PACOTES 256 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.17
10	10.1	9.7	9.8	0.0	0.0	0.0	0.20	0.18	0.19
15	14.9	15.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
20	20.2	19.8	20.0	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.20
25	24.8	24.7	25.2	0.0	0.0	0.0	0.24	0.23	0.22
30	29.7	29.4	29.3	0.0	0.0	0.0	0.26	0.27	0.26
35	35.3	34.4	34.4	0.0	0.0	0.0	0.31	0.30	0.31
40	39.1	38.9	39.8	0.0	0.0	0.0	0.33	0.34	0.40
45	44.3	44.1	43.6	0.0	0.0	0.0	0.43	0.42	0.42
50	48.7	48.0	49.1	0.0	0.0	0.0	0.54	0.54	0.58
55	52.5	52.2	53.9	0.0	0.0	0.0	0.61	0.59	0.78
60	55.5	57.1	58.8	0.0	0.1	0.1	0.75	0.94	1.08
65	60.9	59.7	62.5	0.0	0.1	0.2	1.03	1.07	1.44
70	63.6	64.7	65.7	0.1	0.3	0.5	1.20	1.53	1.91
75	66.1	68.1	69.5	0.3	0.7	1.1	1.47	2.01	2.88
80	67.9	70.3	71.9	0.4	1.0	1.9	1.76	2.56	3.68
85	70.3	73.1	74.4	0.3	1.6	2.6	1.86	3.03	4.75
90	71.8	73.8	76.0	0.9	2.0	4.7	2.52	3.66	6.52
95	72.6	75.2	76.7	1.3	3.0	5.8	2.75	4.35	7.47
100	73.7	76.1	76.9	1.7	3.6	7.8	3.17	4.93	8.71
110	75.3	77.2	78.1	2.3	4.0	10.6	3.54	6.10	10.42
120	75.8	77.5	77.7	2.7	4.8	14.5	4.02	6.85	12.66
130	76.6	78.2	78.3	3.5	8.9	16.6	4.49	7.91	13.33
140	77.1	78.3	77.9	4.1	10.2	18.9	4.82	8.33	14.51
150	77.5	78.4	77.5	4.5	11.3	21.8	5.12	9.06	15.81
160	77.6	78.4	77.2	5.0	12.6	23.9	5.39	9.46	16.69
170	77.8	78.5	77.2	5.7	13.5	25.7	5.61	9.86	17.29
180	78.1	78.3	76.8	5.9	15.1	27.6	5.84	10.44	17.67
190	78.3	78.4	76.7	6.3	15.5	28.2	5.97	10.68	17.86
200	78.6	78.0	76.9	7.0	16.7	30.0	6.17	10.84	18.37
250	78.7	78.1	75.6	8.3	19.6	35.1	6.84	11.87	19.46
300	78.4	78.1	74.2	9.4	21.8	39.3	7.30	12.31	20.24
400	79.1	77.9	72.5	10.7	24.5	44.1	7.75	13.07	20.76
500	78.9	77.3	71.7	11.5	26.4	46.6	8.06	13.53	20.87
600	79.2	77.2	71.0	11.9	27.6	48.8	8.25	13.71	20.92
700	78.8	77.0	70.4	12.3	28.2	50.1	8.43	13.93	20.88
800	78.7	76.6	70.1	12.7	29.1	51.2	8.52	14.05	20.84
900	78.5	76.5	69.7	13.1	29.8	52.0	8.64	14.10	20.83
1000	79.3	76.5	69.1	13.1	30.2	52.8	8.59	14.14	20.93
1500	78.8	76.8	68.1	13.9	31.1	54.7	8.82	14.29	20.83
2000	78.3	75.9	67.7	14.4	31.7	55.5	8.94	14.53	20.79
2500	78.5	76.1	67.8	14.5	32.1	56.1	8.95	14.54	20.65
3000	78.4	76.0	66.9	14.8	32.6	56.7	9.01	14.48	20.72
3500	78.5	75.7	66.9	14.7	32.6	57.1	9.02	14.62	20.68
4000	78.3	76.1	66.8	14.9	32.9	57.3	9.04	14.48	20.66
4500	78.7	76.1	66.7	15.3	32.9	57.4	8.97	14.55	20.67
5000	78.4	75.5	66.6	15.0	33.1	57.4	9.05	14.64	20.67
6000	75.7	64.3		33.0	57.6			14.63	20.78
7000	75.4	66.4		33.0	57.9			14.70	20.56
8000	75.3	66.5		33.3	57.9			14.66	20.61
9000	75.7	66.3		33.5	57.9			14.61	20.68
10000	75.9	66.4		33.4	58.1			14.56	20.52
15000		66.1			58.2			20.68	
20000		66.0			58.2			20.67	

Tab. 4.4

PACOTES 512 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.6	4.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.17	0.17
10	10.1	9.7	9.6	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.18
15	14.4	15.2	14.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.1	19.8	19.7	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.19
25	24.3	24.8	24.9	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
30	29.7	29.7	29.2	0.0	0.0	0.0	0.22	0.23	0.23
35	34.8	34.7	34.2	0.0	0.0	0.0	0.25	0.26	0.25
40	39.0	40.2	39.4	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.30
45	43.7	43.5	43.6	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	0.30
50	49.3	48.8	49.1	0.0	0.0	0.0	0.36	0.36	0.36
55	53.5	53.3	53.6	0.0	0.0	0.0	0.42	0.44	0.44
60	57.6	58.9	60.0	0.0	0.0	0.2	0.46	0.55	0.69
65	61.9	62.9	61.8	0.1	0.2	0.2	0.58	0.67	0.76
70	65.6	67.0	67.7	0.1	0.2	0.5	0.69	0.83	1.10
75	70.0	71.0	70.5	0.3	0.6	0.8	0.88	1.21	1.43
80	72.6	74.8	75.2	0.5	1.1	1.8	1.03	1.55	2.12
85	74.7	77.8	77.7	0.7	1.8	3.2	1.22	1.84	2.88
90	76.7	80.2	80.9	1.4	3.0	4.6	1.54	2.37	3.84
95	80.2	81.3	82.7	2.1	3.9	6.3	1.89	2.82	4.71
100	81.5	83.3	83.6	2.7	5.5	7.3	2.06	3.38	5.25
110	83.1	84.8	85.8	3.5	7.5	11.7	2.41	3.93	7.24
120	84.7	86.1	86.9	5.0	10.0	15.0	2.87	4.71	8.34
130	85.1	87.5	87.8	6.2	13.1	19.7	3.24	5.59	9.91
140	86.7	87.9	88.3	7.9	14.7	22.9	3.56	5.86	10.75
150	86.9	88.0	88.5	8.8	17.1	25.2	3.86	6.48	11.24
160	86.9	88.3	88.7	9.8	18.9	27.5	4.07	6.98	11.74
170	87.6	88.3	88.7	10.9	20.0	30.2	4.24	7.24	12.29
180	87.9	88.5	88.5	11.6	21.9	31.9	4.41	7.51	12.59
190	88.0	88.8	88.6	12.5	23.5	33.9	4.58	7.71	12.95
200	88.3	88.9	88.5	13.4	24.5	35.8	4.72	7.89	13.22
250	88.5	89.0	88.1	16.4	29.7	42.8	5.27	8.61	13.97
300	88.9	89.1	87.8	18.2	32.8	46.6	5.58	8.97	14.16
400	89.1	88.8	86.6	21.2	37.1	52.5	5.91	9.28	14.13
500	89.5	88.6	85.8	22.5	39.7	56.2	6.11	9.43	13.98
600	89.3	88.3	85.5	23.8	41.5	58.5	6.24	9.54	13.78
700	89.4	88.6	85.0	24.4	42.4	60.1	6.33	9.59	13.62
800	89.3	88.4	84.5	25.0	43.4	61.4	6.40	9.59	13.47
900	89.4	88.2	83.6	25.3	44.3	62.7	6.45	9.63	13.36
1000	89.3	88.2	83.8	26.0	45.0	63.2	6.46	9.58	13.30
1500	89.4	87.8	82.7	27.0	46.6	65.7	6.57	9.64	12.94
2000	89.6	87.8	82.1	27.6	47.5	66.9	6.60	9.61	12.74
2500	89.3	87.7	81.8	27.9	48.1	67.7	6.64	9.64	12.59
3000	89.6	87.4	81.4	28.2	48.3	68.2	6.64	9.67	12.55
3500	89.3	87.5	81.3	28.6	48.7	68.5	6.64	9.66	12.50
4000	89.4	87.5	81.2	28.2	48.8	68.8	6.70	9.66	12.41
4500	89.4	87.4	81.1	28.4	49.1	68.9	6.68	9.61	12.41
5000	89.5	87.5	80.9	29.0	49.1	69.1	6.63	9.62	12.40
6000	87.3	80.7		49.6	69.5			9.58	12.30
7000	86.8	81.0		49.5	69.4			9.65	12.34
8000	87.1	80.7		49.4	69.6			9.66	12.33
9000	87.3	80.5		49.5	69.7			9.63	12.31
10000	87.4	80.6		49.7	69.9			9.58	12.23
15000		80.7			70.0			12.20	
20000		80.2			70.2			12.22	

Tab. 4.5

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.8	9.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.0	15.0	14.6	0.0	0.0	0.0	0.19	0.18	0.18
20	20.5	20.1	20.1	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	24.8	24.9	25.2	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	30.2	30.1	29.4	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
35	34.7	34.3	33.6	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
40	39.5	39.5	38.2	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
45	44.6	43.7	43.6	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25
50	49.3	47.9	48.9	0.0	0.0	0.0	0.26	0.27	0.31
55	54.2	54.7	54.5	0.0	0.0	0.1	0.29	0.32	0.34
60	59.0	59.5	58.2	0.0	0.1	0.1	0.33	0.37	0.35
65	63.2	63.1	63.6	0.1	0.1	0.3	0.38	0.39	0.53
70	67.0	68.9	68.7	0.1	0.4	0.7	0.40	0.52	0.84
75	72.0	72.6	73.0	0.4	0.8	1.3	0.49	0.73	1.03
80	75.8	75.9	76.2	0.5	1.2	2.0	0.58	0.79	1.57
85	79.8	80.1	79.6	1.2	2.3	3.3	0.72	1.11	2.04
90	82.8	84.1	83.7	1.5	3.7	4.8	0.88	1.50	2.58
95	85.7	85.9	85.2	2.7	4.4	6.3	1.02	1.66	3.13
100	87.3	87.9	88.3	3.7	6.5	8.3	1.18	2.05	3.82
110	91.4	91.7	91.3	6.9	10.3	12.6	1.61	2.83	5.27
120	93.4	93.4	93.4	9.5	13.3	17.9	1.92	3.31	6.49
130	94.4	94.8	94.3	11.8	18.6	22.2	2.18	3.99	7.21
140	95.3	95.3	94.9	14.7	22.0	25.5	2.50	4.45	8.18
150	95.6	95.7	95.4	17.7	24.9	30.0	2.71	4.78	8.72
160	96.0	96.0	95.6	19.7	27.9	33.4	2.84	5.03	9.06
170	96.3	96.1	96.0	22.2	31.3	36.4	3.04	5.36	9.41
180	96.4	96.4	96.1	24.3	33.2	38.8	3.19	5.42	9.79
190	96.5	96.6	96.2	25.9	35.5	41.7	3.29	5.54	9.77
200	96.6	96.6	96.2	27.6	37.5	43.4	3.40	5.66	10.02
250	96.8	96.7	96.3	34.0	44.8	52.3	3.68	5.89	10.13
300	96.9	96.6	96.3	37.9	47.7	57.7	3.76	5.96	9.81
400	97.0	96.5	95.9	43.0	56.4	65.0	3.85	5.82	9.18
500	96.9	96.4	95.6	46.0	60.2	69.2	3.87	5.67	8.60
600	96.8	96.3	95.3	48.1	62.6	72.2	3.87	5.51	8.13
700	96.7	96.1	95.1	49.7	64.4	74.3	3.87	5.41	7.74
800	96.7	96.0	94.8	50.6	65.9	75.9	3.87	5.27	7.42
900	96.7	95.9	94.5	51.6	66.9	77.1	3.84	5.22	7.17
1000	96.7	95.8	94.3	52.2	67.8	78.0	3.83	5.15	7.01
1500	96.7	95.5	93.5	54.4	70.3	81.0	3.80	4.91	6.33
2000	96.6	95.4	93.1	55.3	71.6	82.5	3.78	4.79	5.95
2500	96.5	95.2	92.8	56.0	72.5	83.4	3.76	4.70	5.71
3000	96.5	95.2	92.5	56.4	72.9	84.0	3.75	4.65	5.57
3500	96.4	95.2	92.3	56.7	73.3	84.4	3.74	4.61	5.45
4000	96.4	95.0	92.1	56.9	73.6	84.7	3.73	4.59	5.37
4500	96.4	95.0	92.0	57.0	73.8	85.0	3.73	4.55	5.31
5000	96.4	95.0	91.9	57.2	74.0	85.2	3.72	4.53	5.26
6000		95.0	91.8		74.3	85.5		4.50	5.16
7000		94.9	91.7		74.4	85.7		4.48	5.12
8000		94.9	91.5		74.6	85.8		4.46	5.08
9000		94.9	91.5		74.6	86.0		4.45	5.03
10000		94.9	91.3		74.7	86.1		4.45	5.00
15000			91.3			86.4			4.92
20000			91.2			86.5			4.88

PACOTES 512 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.4	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.9	9.5	9.6	0.0	0.0	0.0	0.19	0.18	0.18
15	15.1	15.0	14.6	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	19.9	20.2	20.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
25	24.8	24.8	24.8	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
30	30.0	30.0	29.5	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
35	33.9	34.4	35.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25
40	39.9	39.6	39.3	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.28
45	44.9	44.7	43.9	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	0.32
50	49.0	48.3	49.0	0.0	0.0	0.0	0.35	0.34	0.36
55	53.9	53.2	53.9	0.0	0.0	0.0	0.39	0.39	0.43
60	57.6	59.1	58.5	0.0	0.0	0.0	0.43	0.50	0.51
65	62.7	63.5	63.3	0.0	0.0	0.1	0.56	0.57	0.67
70	66.8	67.5	67.7	0.1	0.1	0.0	0.70	0.75	0.77
75	69.8	72.5	71.0	0.1	0.2	0.2	0.77	1.05	1.02
80	73.3	75.7	76.9	0.1	0.4	0.6	0.98	1.30	1.60
85	76.2	78.7	79.3	0.3	0.8	1.7	1.14	1.55	2.33
90	78.9	81.2	81.5	0.7	1.2	2.1	1.42	1.91	2.69
95	80.8	82.7	83.9	1.1	1.9	4.4	1.62	2.32	4.27
100	82.8	84.7	85.8	1.3	3.3	5.4	1.90	2.96	4.88
110	84.3	86.1	86.4	2.5	5.5	9.9	2.40	4.03	7.05
120	85.7	86.9	86.8	3.6	8.1	14.5	2.75	4.93	8.92
130	86.4	87.3	86.8	4.6	10.6	18.2	3.18	5.73	10.31
140	87.0	87.2	86.6	6.3	13.5	21.3	3.62	6.46	11.26
150	87.2	87.4	86.1	7.2	14.9	24.7	3.92	6.80	12.18
160	87.5	87.2	85.8	8.3	17.4	27.7	4.16	7.38	12.85
170	87.3	87.1	85.6	8.8	18.7	29.3	4.34	7.73	13.25
180	87.7	86.9	85.2	9.8	20.4	31.4	4.58	8.04	13.67
190	87.9	86.8	84.6	10.4	21.4	33.8	4.75	8.30	14.04
200	87.6	86.6	84.5	11.3	22.9	36.2	4.93	8.48	14.34
250	87.6	86.0	82.6	14.3	28.4	43.5	5.51	9.31	15.13
300	87.4	85.5	81.0	15.9	31.8	48.1	5.83	9.56	15.37
400	87.7	84.6	78.9	18.7	36.1	54.0	6.22	10.03	15.39
500	87.5	84.2	76.8	20.1	38.8	58.2	6.43	10.20	15.16
600	87.1	83.5	75.4	22.0	40.6	60.7	6.59	10.35	14.97
700	87.1	83.4	74.6	22.5	41.7	62.5	6.68	10.38	14.76
800	87.0	83.0	73.5	23.0	42.7	64.0	6.77	10.41	14.60
900	86.9	82.8	72.6	23.5	43.5	65.3	6.80	10.44	14.52
1000	86.7	82.5	72.2	23.5	44.3	66.1	6.90	10.47	14.33
1500	86.9	81.7	70.3	24.7	46.4	68.7	6.99	10.45	14.00
2000	86.8	81.7	68.9	25.1	47.1	70.2	7.05	10.47	13.71
2500	86.6	82.0	68.5	25.6	47.4	70.9	7.08	10.46	13.59
3000	86.5	81.3	68.0	25.9	48.1	71.4	7.10	10.47	13.53
3500	86.3	81.3	67.8	25.8	48.3	71.8	7.16	10.48	13.43
4000	86.5	81.3	67.5	26.3	48.5	72.1	7.11	10.44	13.38
4500	86.5	81.0	67.6	26.3	48.6	72.2	7.13	10.48	13.34
5000	86.3	81.2	66.9	26.3	48.9	72.6	7.14	10.43	13.31
6000	80.9	66.7		49.0	72.9		10.46	13.25	
7000	81.0	66.4		49.1	73.1		10.46	13.24	
8000	81.1	66.4		49.2	73.2		10.42	13.19	
9000	80.8	66.4		49.4	73.3		10.42	13.14	
10000	80.8	66.2		49.3	73.3		10.47	13.15	
15000	66.0			73.7			13.06		
20000	66.3			73.6			13.09		

Tab. 4.7

PACOTES 256 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.7	9.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.19	0.18	0.18
15	15.0	15.1	14.8	0.0	0.0	0.0	0.20	0.19	0.20
20	20.2	19.8	20.0	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
25	25.0	24.6	25.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.22	0.23
30	29.7	30.1	29.3	0.0	0.0	0.0	0.25	0.26	0.25
35	35.1	34.5	34.9	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	0.32
40	39.2	39.4	40.5	0.0	0.0	0.0	0.33	0.35	0.37
45	43.6	43.0	44.3	0.0	0.0	0.0	0.40	0.40	0.43
50	47.8	49.4	48.5	0.0	0.0	0.0	0.44	0.52	0.50
55	53.5	53.6	53.0	0.0	0.0	0.0	0.62	0.67	0.69
60	57.0	58.0	58.4	0.0	0.0	0.0	0.74	0.83	0.82
65	60.4	61.5	63.0	0.1	0.0	0.1	0.96	1.08	1.24
70	64.6	65.4	65.6	0.1	0.1	0.2	1.21	1.40	1.47
75	66.6	69.9	69.6	0.1	0.3	0.5	1.43	1.94	2.26
80	69.1	70.9	73.2	0.2	0.6	1.1	1.62	2.34	3.29
85	70.8	72.9	75.0	0.3	1.2	2.0	1.88	3.03	4.37
90	72.1	74.5	75.9	0.6	1.7	3.0	2.39	3.68	5.23
95	73.6	75.6	76.8	1.1	2.5	4.0	2.69	4.41	7.65
100	74.1	76.4	77.0	1.0	3.3	7.3	2.87	5.11	8.89
110	75.7	77.1	77.0	1.7	5.1	10.7	3.44	6.25	11.10
120	76.4	77.4	76.8	2.1	6.4	13.3	4.01	6.97	12.74
130	76.6	77.8	76.2	2.8	7.7	16.9	4.42	7.86	14.52
140	77.2	77.6	75.7	3.3	10.1	19.9	4.78	8.97	15.70
150	77.2	77.7	75.1	4.0	10.4	22.2	5.16	9.23	16.70
160	77.5	77.2	74.6	4.8	12.1	24.5	5.42	9.84	17.64
170	77.9	77.6	74.1	4.8	12.7	26.1	5.67	10.13	18.08
180	77.7	76.4	73.5	5.4	14.4	27.8	5.96	10.79	18.69
190	78.0	77.0	73.0	5.6	14.7	29.6	6.12	11.05	19.36
200	77.8	76.2	72.2	6.3	16.1	31.8	6.31	11.41	19.84
250	77.9	76.2	70.9	7.8	19.0	36.7	7.00	12.32	20.86
300	78.2	75.6	68.9	8.7	21.6	40.9	7.37	13.03	21.48
400	77.7	74.2	66.0	10.0	24.9	45.8	7.99	13.87	22.10
500	77.7	74.3	65.1	10.9	26.1	49.2	8.28	14.22	22.29
600	77.7	74.0	64.0	11.5	27.5	51.1	8.45	14.43	22.33
700	78.0	73.7	63.0	11.9	28.3	52.8	8.58	14.62	22.25
800	77.9	73.7	62.7	12.6	28.9	53.6	8.64	14.73	22.30
900	77.7	73.2	62.3	12.5	29.5	54.6	8.79	14.88	22.20
1000	77.9	73.5	61.9	12.6	29.9	55.2	8.81	14.82	22.24
1500	77.2	72.8	60.4	13.6	31.5	57.4	9.05	15.00	22.12
2000	77.1	72.9	59.5	13.9	31.7	58.7	9.15	15.15	22.00
2500	77.0	72.3	59.4	14.0	32.7	59.0	9.20	15.14	21.99
3000	76.9	72.4	59.0	13.8	32.5	59.4	9.30	15.27	22.02
3500	76.8	72.3	59.2	13.8	32.7	59.5	9.33	15.25	21.94
4000	77.0	72.3	58.6	14.1	33.2	60.0	9.30	15.20	22.05
4500	76.9	72.7	58.7	14.4	32.9	60.2	9.29	15.22	21.87
5000	77.0	72.5	58.4	14.1	32.8	60.2	9.31	15.28	21.95
6000	71.8	58.2		33.3	60.6		15.41	21.88	
7000	72.1	58.3		33.6	60.7		15.29	21.86	
8000	72.4	58.2		33.3	60.9		15.32	21.78	
9000	71.9	57.9		33.5	61.0		15.35	21.89	
10000	71.8	58.3		33.5	60.8		15.42	21.92	
15000	58.4			60.8			21.90		
20000	58.5			61.0			21.72		

Tab. 4.8

política "p - persistente" (linear)

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.9	9.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	14.9	15.0	14.8	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	19.8	20.1	19.8	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	24.9	24.1	24.8	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	30.3	29.7	29.4	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
35	34.6	34.1	34.4	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
40	40.2	39.7	39.8	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.24
45	44.8	44.5	44.4	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25
50	49.5	50.2	48.3	0.0	0.0	0.0	0.27	0.28	0.27
55	53.6	54.7	54.6	0.0	0.0	0.0	0.30	0.31	0.29
60	58.7	58.8	59.0	0.0	0.0	0.0	0.32	0.33	0.35
65	62.7	62.6	63.5	0.0	0.0	0.1	0.37	0.35	0.40
70	68.2	67.9	68.0	0.1	0.2	0.0	0.42	0.46	0.44
75	71.8	73.7	72.4	0.2	0.3	0.2	0.47	0.54	0.60
80	75.2	76.3	77.3	0.3	0.3	0.5	0.53	0.58	0.76
85	81.2	80.9	81.0	0.5	0.8	1.0	0.67	0.81	1.12
90	84.1	84.6	84.9	0.8	1.5	2.2	0.78	1.06	1.68
95	86.9	88.0	88.7	1.8	2.3	3.8	0.97	1.34	2.40
100	88.4	90.6	91.2	2.2	3.8	5.4	1.06	1.78	2.90
110	92.3	93.2	93.8	4.2	7.5	10.4	1.44	2.49	4.79
120	94.2	94.8	94.9	7.1	11.7	15.3	1.88	3.38	6.16
130	95.2	95.5	95.3	9.9	15.8	20.2	2.24	4.01	7.16
140	95.8	95.8	95.4	12.7	19.2	24.4	2.57	4.53	8.20
150	95.9	95.9	95.3	15.6	23.0	29.1	2.86	4.86	9.09
160	96.1	95.8	95.2	17.3	26.4	32.0	2.99	5.29	9.50
170	96.1	95.8	95.1	19.9	29.2	35.4	3.23	5.54	9.83
180	96.1	95.7	95.2	21.3	30.5	37.4	3.32	5.55	9.96
190	96.1	95.6	94.9	22.8	33.6	40.5	3.48	5.97	10.36
200	96.1	95.6	94.9	24.5	35.0	42.5	3.52	5.97	10.40
250	96.0	95.1	94.1	30.7	43.2	51.7	3.86	6.24	10.58
300	95.8	94.8	93.4	35.1	48.0	57.7	3.98	6.34	10.31
400	95.6	93.9	92.0	43.0	55.3	65.4	4.09	6.17	9.61
500	95.3	93.4	90.8	43.4	59.3	70.2	4.12	5.99	8.90
600	95.0	92.9	89.9	45.9	62.1	73.1	4.14	5.82	8.43
700	95.0	92.5	88.9	47.5	64.1	75.5	4.13	5.69	7.97
800	94.8	92.1	88.2	48.5	65.7	77.1	4.12	5.57	7.63
900	94.8	91.8	87.5	49.3	66.9	78.5	4.12	5.48	7.36
1000	94.7	91.7	86.9	50.3	67.7	79.5	4.08	5.41	7.12
1500	94.5	90.8	84.8	52.4	70.7	82.8	4.05	5.13	6.34
2000	94.3	90.4	83.6	53.6	72.2	84.3	4.03	4.97	5.95
2500	94.3	90.0	82.7	54.4	73.0	85.3	3.98	4.89	5.67
3000	94.3	89.8	82.1	54.7	73.6	86.0	3.99	4.82	5.51
3500	94.1	89.7	81.5	55.0	73.9	86.5	3.98	4.78	5.35
4000	94.1	89.4	81.2	55.3	74.3	86.8	3.97	4.73	5.27
4500	94.1	89.4	81.0	55.3	74.6	87.1	3.97	4.71	5.20
5000	94.1	89.4	80.6	55.6	74.7	87.3	3.96	4.68	5.12
6000		89.3	80.3		75.0	87.6		4.64	5.03
7000		89.2	79.9		75.3	87.9		4.62	4.96
8000		89.2	79.7		75.3	88.1		4.61	4.90
9000		89.0	79.6		75.5	88.2		4.59	4.87
10000		89.2	79.3		75.5	88.3		4.58	4.82
15000			79.0			88.6			4.74
20000			78.8			88.8			4.64

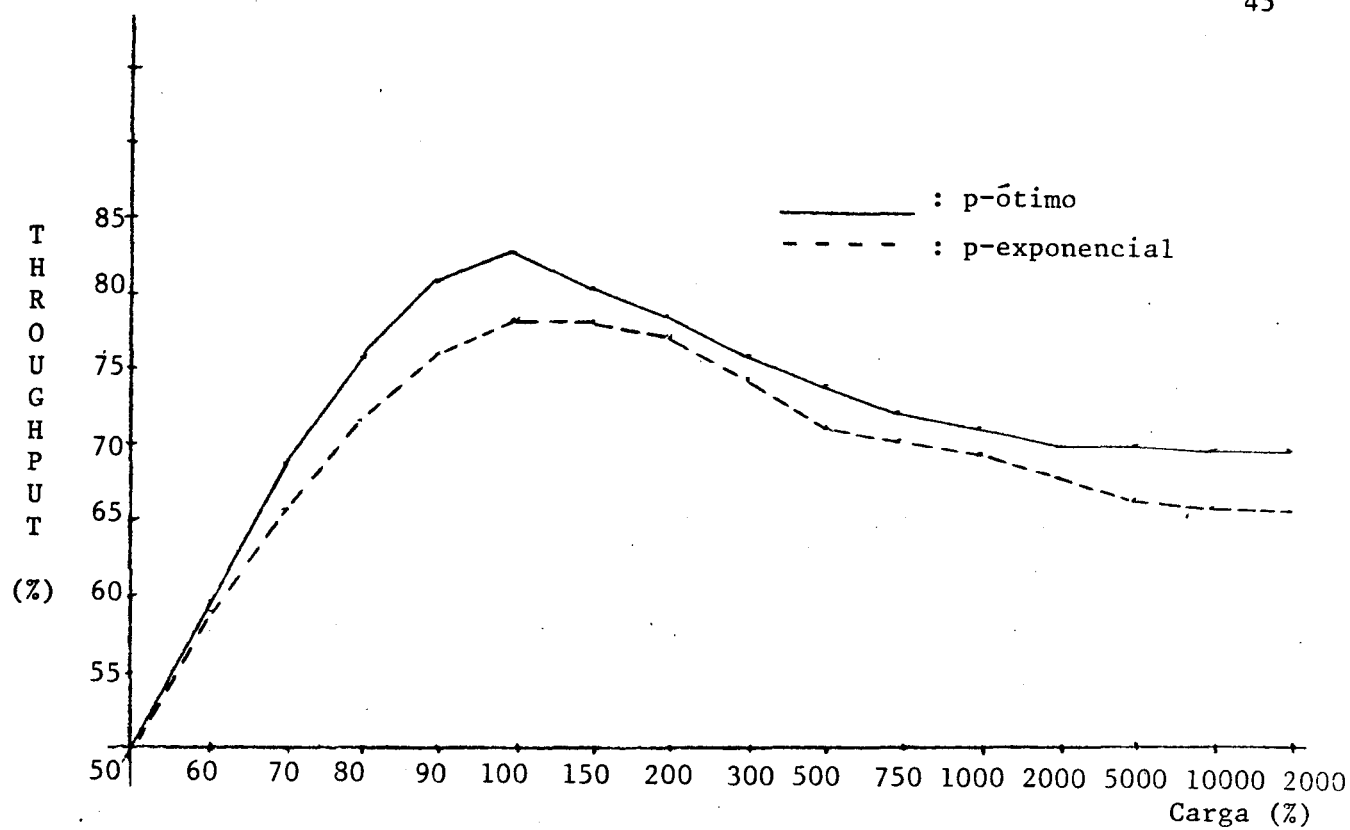


Fig. 4.1 p-persistente (256 bits e 200 estações)

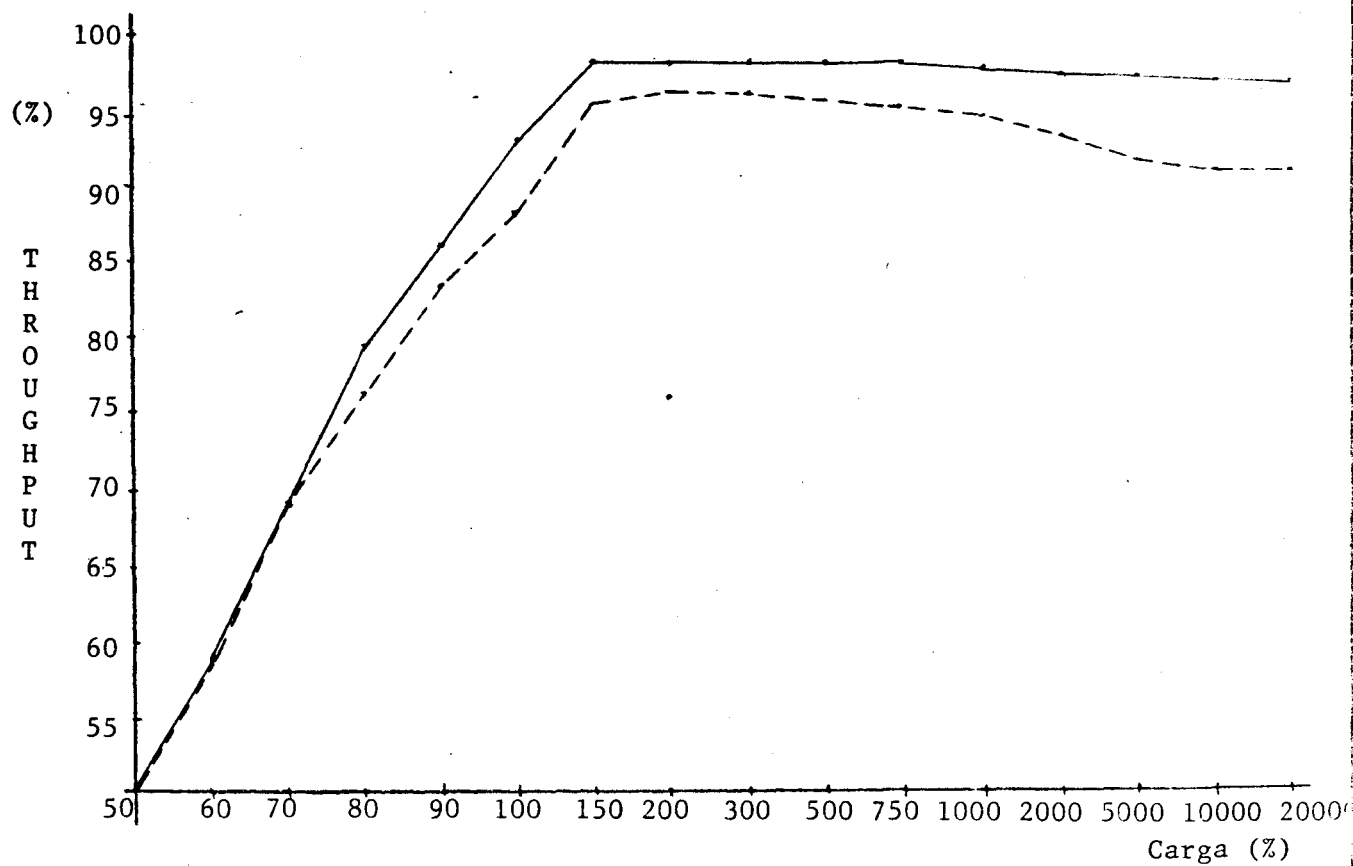


Fig. 4.2 p-persistente (2048 bits e 200 estações)

#### 4.1.2.- ESCOLHA DO MELHOR ESQUEMA DA POLÍTICA "P-PERSISTENTE TOTAL".

O esquema "p-ótimo" está mostrado nas tabelas 4.10, 4.11 e 4.12, logo a seguir está o esquema "p-exponencial" nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 e finalmente nas tabelas 4.16, 4.17 e 4.18 se encontra o esquema "p-linear".

Novamente, para esta política, o esquema exponencial é o que melhor resultados apresenta. O p-exponencial consegue manter a estabilidade na rede o que não é conseguido com o p-linear. Os valores de throughput são bem melhores que o p-linear e muito próximos aos resultados do esquema p-ótimo. O p-linear apresenta um menor atraso mas ao custo de um baixo throughput e alta proporção de pacotes abortados. As figuras 4.3 e 4.4 mostram o throughput quando a rede possui 200 estações e pacotes de 256 e 2048 bits.



PACOTES 256 bits									
carga (%)	THROUGHPUT (%)			ABORTADOS (%)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.5	9.6	9.8	0.0	0.0	0.0	0.21	0.72	0.30
15	14.8	14.9	14.8	0.0	0.0	0.0	0.65	0.62	0.48
20	19.9	19.9	20.0	0.0	0.0	0.0	0.64	0.53	0.50
25	24.6	24.9	24.4	0.0	0.0	0.0	0.59	0.56	0.43
30	29.2	29.3	29.4	0.0	0.0	0.0	0.54	0.73	0.60
35	34.2	34.4	34.7	0.0	0.0	0.0	0.67	0.65	0.75
40	38.5	39.8	39.3	0.0	0.0	0.0	0.79	0.76	0.83
45	43.2	44.0	44.3	0.0	0.0	0.0	0.90	1.07	0.86
50	48.1	48.5	49.6	0.0	0.0	0.0	1.25	1.20	1.19
55	51.0	52.4	52.9	0.0	0.0	0.0	1.33	1.43	1.35
60	54.5	56.5	58.1	0.0	0.0	0.0	1.49	1.77	1.90
65	57.3	59.8	62.6	0.0	0.0	0.0	1.65	1.95	2.09
70	63.7	64.0	66.2	0.0	0.0	0.0	1.87	2.55	2.73
75	63.0	65.2	68.3	0.0	0.1	0.0	2.23	3.07	4.63
80	64.6	68.0	70.9	0.0	0.0	0.0	2.59	4.55	5.74
85	67.7	71.1	73.8	0.0	0.0	0.1	2.75	4.16	7.97
90	69.6	73.8	75.1	0.0	0.1	0.1	3.15	5.19	10.76
95	71.0	76.1	77.6	0.0	0.1	0.1	3.46	6.01	11.69
100	72.7	76.5	78.0	0.0	0.1	0.1	3.93	7.83	14.22
110	73.8	77.4	78.8	0.1	0.0	0.1	4.36	9.03	16.00
120	75.5	77.5	78.1	0.0	0.2	0.1	5.26	9.85	19.30
130	77.2	77.2	78.2	0.0	0.1	0.2	5.57	10.97	20.81
140	77.1	77.6	78.4	0.0	0.2	0.1	6.29	11.57	22.30
150	77.8	77.9	79.1	0.0	0.1	0.1	6.86	12.92	24.75
160	78.4	77.8	79.4	0.0	0.0	0.1	6.63	13.42	25.84
170	78.4	77.9	79.3	0.1	0.1	0.1	7.14	13.77	26.65
180	78.0	78.0	78.9	0.1	0.1	0.0	7.45	14.59	27.97
190	78.4	78.1	78.9	0.1	0.1	0.1	7.60	14.85	28.71
200	79.8	77.4	78.9	0.0	0.0	0.1	8.09	15.41	30.04
250	79.7	78.2	78.1	0.1	0.1	0.0	8.96	17.19	32.95
300	79.2	77.3	77.5	0.1	0.1	0.1	9.13	17.85	34.95
400	79.4	77.5	77.6	0.1	0.1	0.1	9.97	19.17	37.49
500	79.4	78.3	77.6	0.1	0.1	0.1	10.61	20.48	39.01
600	79.1	77.9	77.5	0.2	0.1	0.0	10.56	21.18	41.11
700	79.5	77.7	77.4	0.1	0.0	0.1	10.96	21.34	40.59
800	80.0	78.3	78.0	0.1	0.1	0.1	10.77	21.78	42.07
900	80.5	78.8	77.9	0.2	0.1	0.1	10.91	21.22	41.93
1000	80.0	77.4	78.5	0.1	0.1	0.1	10.95	21.80	42.60
1500	80.7	78.0	78.6	0.2	0.2	0.1	10.84	22.51	43.73
2000	80.7	77.4	78.6	0.4	0.1	0.1	10.65	22.06	44.02
2500	80.6	77.5	78.7	0.4	0.3	0.1	10.58	22.02	44.49
3000	80.2	78.1	78.4	0.5	0.2	0.1	10.43	21.70	44.08
3500	79.9	78.0	78.5	0.5	0.3	0.1	10.37	21.49	43.65
4000	80.6	78.3	79.4	0.6	0.3	0.1	10.42	21.52	43.82
4500	80.9	78.8	79.9	0.8	0.4	0.2	10.24	21.37	42.94
5000	81.4	78.1	79.4	1.0	0.3	0.3	10.18	21.10	43.39
6000		78.8	79.2		0.4	0.3		20.94	43.67
7000		79.6	79.6		0.6	0.3		20.67	42.92
8000		80.5	79.4		0.6	0.3		20.49	42.40
9000		80.6	79.0		0.5	0.4		20.50	41.46
10000		81.4	79.5		0.9	0.2		20.19	41.77
15000			80.0			0.5		40.38	
20000			81.7			0.7		39.64	

Tab. 4.10

PACOTES 512 bits									
carga (%)	THROUGHPUT (%)			ABORTADOS (%)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.9	9.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.34	0.28
15	14.9	14.7	14.9	0.0	0.0	0.0	0.36	0.68	0.36
20	19.9	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.32	0.67
25	24.4	24.6	24.8	0.0	0.0	0.0	0.54	0.48	0.65
30	29.1	29.2	29.6	0.0	0.0	0.0	0.65	0.79	0.60
35	33.7	34.0	34.7	0.0	0.0	0.0	0.67	0.74	0.76
40	38.8	38.6	38.1	0.0	0.0	0.0	0.89	0.83	0.85
45	42.5	43.9	43.4	0.0	0.0	0.0	1.15	1.12	0.90
50	46.8	49.3	48.9	0.0	0.0	0.0	1.19	1.11	1.31
55	50.7	53.1	53.0	0.0	0.0	0.0	1.15	1.57	1.35
60	54.0	57.3	57.8	0.0	0.0	0.0	1.51	1.74	1.86
65	56.6	59.9	60.9	0.0	0.0	0.0	1.89	2.15	2.61
70	60.2	65.0	65.6	0.0	0.0	0.0	2.08	2.86	3.36
75	61.0	68.1	70.5	0.0	0.0	0.0	2.78	3.20	5.05
80	63.7	69.2	74.4	0.0	0.0	0.0	2.69	4.15	6.02
85	65.0	73.0	77.0	0.0	0.0	0.0	3.18	5.09	8.39
90	69.0	75.6	79.9	0.0	0.0	0.0	3.23	5.28	10.32
95	72.1	76.8	81.6	0.0	0.0	0.0	3.78	6.56	12.79
100	73.8	78.9	83.8	0.1	0.0	0.0	4.18	7.84	13.90
110	78.3	79.6	84.2	0.0	0.0	0.0	4.58	8.52	16.25
120	79.8	80.3	85.2	0.0	0.1	0.0	5.14	10.16	18.74
130	80.7	82.4	85.6	0.0	0.0	0.0	5.70	11.71	21.73
140	83.6	83.1	86.0	0.0	0.0	0.0	6.24	11.91	24.39
150	83.8	84.9	86.6	0.0	0.1	0.0	6.61	12.63	24.09
160	84.0	85.7	86.4	0.0	0.1	0.0	7.35	12.64	25.50
170	84.9	86.2	86.0	0.0	0.0	0.0	7.44	13.55	26.34
180	84.7	86.5	86.6	0.0	0.0	0.0	7.66	14.45	28.02
190	84.8	86.5	86.9	0.0	0.0	0.0	7.74	15.35	29.02
200	85.8	86.3	87.4	0.0	0.1	0.1	8.03	15.82	29.29
250	86.6	86.9	87.1	0.1	0.0	0.0	9.86	16.50	32.91
300	87.3	87.0	86.3	0.0	0.0	0.0	9.81	19.23	36.26
400	87.9	86.6	87.3	0.1	0.0	0.0	10.64	20.69	38.18
500	88.6	86.4	87.2	0.1	0.0	0.0	10.73	19.89	40.78
600	88.0	86.1	86.6	0.0	0.0	0.0	11.37	21.55	40.91
700	88.7	86.5	86.9	0.1	0.0	0.0	11.73	22.86	41.48
800	88.0	86.2	86.7	0.1	0.0	0.0	11.24	21.81	41.73
900	88.1	86.3	86.9	0.1	0.0	0.1	11.23	24.25	42.53
1000	87.9	87.0	86.7	0.1	0.0	0.0	11.34	22.88	43.06
1500	87.4	87.7	86.9	0.2	0.1	0.0	10.71	22.59	43.44
2000	88.0	87.5	86.6	0.1	0.0	0.0	10.50	22.00	45.93
2500	88.2	87.1	86.4	0.2	0.1	0.0	10.12	21.42	43.95
3000	87.9	87.8	87.0	0.4	0.1	0.0	10.07	21.53	46.87
3500	88.3	87.0	87.7	0.2	0.1	0.1	9.97	21.06	46.06
4000	88.8	87.0	87.0	0.4	0.1	0.1	9.80	20.77	45.32
4500	88.3	86.6	86.7	0.4	0.2	0.1	9.73	20.62	45.22
5000	88.7	86.0	86.7	0.5	0.2	0.1	9.61	20.28	43.54
6000		86.2	86.5		0.3	0.1		20.09	43.31
7000		86.9	86.9		0.2	0.1		19.89	41.93
8000		87.0	87.0		0.3	0.2		19.75	40.46
9000		87.0	87.0		0.3	0.2		19.20	40.06
10000		86.5	86.4		0.4	0.2		19.09	39.80
15000			87.2			0.2		39.05	
20000			87.0			0.4		37.22	

Tab. 4.11

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (%)			ABORTADOS (%)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.8	9.8	9.6	0.0	0.0	0.0	0.54	0.22	0.52
15	14.8	14.9	15.1	0.0	0.0	0.0	0.47	0.47	0.82
20	20.0	19.8	20.1	0.0	0.0	0.0	0.53	0.38	0.45
25	24.4	24.4	24.2	0.0	0.0	0.0	0.55	0.68	0.58
30	29.3	29.9	30.1	0.0	0.0	0.0	0.61	0.74	0.72
35	33.8	33.8	34.8	0.0	0.0	0.0	0.58	0.68	0.86
40	38.6	39.3	39.3	0.0	0.0	0.0	0.94	0.82	1.24
45	42.1	42.7	43.8	0.0	0.0	0.0	1.20	1.11	1.44
50	46.1	47.5	47.9	0.0	0.0	0.0	1.36	1.25	1.11
55	49.9	51.3	52.8	0.0	0.0	0.0	1.63	1.84	1.96
60	56.7	56.7	57.1	0.0	0.0	0.0	1.80	2.43	2.48
65	57.7	59.9	62.4	0.0	0.0	0.0	2.35	3.18	4.89
70	59.0	61.0	65.0	0.0	0.0	0.0	2.87	3.59	4.94
75	62.2	65.8	67.0	0.0	0.0	0.0	2.92	4.23	8.35
80	64.8	68.6	69.9	0.0	0.1	0.0	3.77	5.26	11.02
85	67.4	71.3	73.6	0.0	0.0	0.1	4.05	6.96	11.45
90	69.4	72.6	77.2	0.0	0.0	0.0	5.04	6.49	13.60
95	71.5	75.8	79.3	0.0	0.1	0.1	5.17	8.29	15.84
100	74.9	79.2	81.3	0.0	0.0	0.0	5.36	10.29	17.82
110	75.8	80.7	83.7	0.0	0.0	0.1	5.65	10.54	22.47
120	79.9	82.7	87.0	0.0	0.0	0.0	7.04	12.69	23.50
130	81.2	85.3	89.1	0.0	0.0	0.0	7.08	13.40	25.46
140	82.2	86.9	90.1	0.0	0.0	0.0	7.03	14.48	26.82
150	82.8	87.1	90.0	0.0	0.0	0.0	7.79	14.48	29.38
160	83.7	87.7	91.3	0.0	0.0	0.0	8.77	16.07	29.83
170	84.3	88.2	92.6	0.0	0.0	0.1	8.45	17.24	31.32
180	85.8	89.1	92.6	0.0	0.0	0.1	9.23	16.52	31.44
190	87.4	90.5	93.3	0.0	0.0	0.0	9.35	17.52	33.49
200	87.6	91.0	93.8	0.1	0.0	0.1	9.77	18.12	33.29
250	89.3	92.4	94.7	0.0	0.0	0.1	10.52	20.56	37.11
300	91.5	93.4	95.2	0.0	0.1	0.0	11.31	21.17	38.91
400	92.5	94.3	95.6	0.0	0.0	0.0	13.31	22.75	42.32
500	94.5	95.2	95.6	0.0	0.1	0.0	13.33	22.26	44.58
600	95.0	95.4	95.2	0.1	0.0	0.0	14.14	24.86	47.69
700	94.6	95.1	95.4	0.0	0.0	0.0	14.04	25.28	46.44
800	94.6	95.1	95.5	0.1	0.0	0.0	13.51	26.64	46.53
900	94.9	95.8	95.7	0.0	0.0	0.0	13.44	27.74	47.43
1000	95.1	95.8	95.9	0.0	0.0	0.1	13.05	28.28	47.19
1500	95.4	96.3	96.2	0.1	0.0	0.0	11.33	27.18	51.73
2000	95.1	95.9	96.3	0.1	0.0	0.0	10.34	26.19	53.13
2500	95.4	96.2	96.4	0.2	0.0	0.0	9.75	25.36	52.50
3000	96.2	96.3	95.7	0.2	0.1	0.1	9.39	23.01	53.70
3500	95.8	96.1	96.3	0.2	0.1	0.1	9.14	21.83	53.51
4000	94.4	95.7	96.0	0.3	0.1	0.0	8.99	20.56	50.57
4500	95.1	96.1	95.6	0.4	0.2	0.0	8.94	19.97	48.63
5000	95.0	95.5	95.4	0.4	0.1	0.1	8.85	19.55	46.63
6000		95.7	96.4		0.1	0.0		18.64	45.46
7000		95.9	96.0		0.3	0.1		18.17	42.76
8000		96.0	95.9		0.3	0.1		17.97	40.92
9000			95.8		0.3	0.1		17.68	39.67
10000		96.2	95.9		0.4	0.1		17.59	37.98
15000			95.9			0.3			35.37
20000			96.3			0.4			34.44

PACOTES 256 bits									
carda (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	1.03	0.18	0.17
10	10.1	10.1	10.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.40	0.32
15	14.3	14.8	14.9	0.0	0.0	0.0	1.24	0.92	0.67
20	19.7	20.2	20.0	0.0	0.0	0.0	0.99	1.16	0.93
25	23.8	24.3	24.5	0.0	0.0	0.0	1.04	0.85	1.04
30	28.8	29.1	29.4	0.0	0.0	0.0	1.05	1.10	1.24
35	33.2	34.4	34.3	0.0	0.0	0.0	1.00	1.10	1.15
40	37.4	37.8	38.6	0.0	0.0	0.0	1.38	1.28	1.43
45	42.5	42.5	42.7	0.0	0.0	0.0	1.33	1.36	1.39
50	45.2	46.4	48.0	0.0	0.0	0.0	1.50	1.51	1.70
55	49.8	51.9	53.0	0.0	0.0	0.0	1.55	1.79	1.94
60	54.6	55.4	56.3	0.0	0.0	0.0	1.74	2.02	2.14
65	58.6	58.8	62.0	0.0	0.0	0.0	1.78	2.30	2.74
70	59.0	62.2	64.8	0.0	0.0	0.0	2.10	2.70	3.57
75	62.3	65.7	68.2	0.0	0.0	0.0	2.21	3.06	4.36
80	64.6	68.2	70.5	0.0	0.0	0.0	2.42	3.48	4.89
85	67.2	70.8	72.7	0.0	0.0	0.1	2.65	3.96	5.72
90	68.6	71.7	74.4	0.0	0.0	0.2	3.11	4.66	7.16
95	70.7	73.4	76.0	0.0	0.1	0.2	3.26	5.14	8.47
100	71.1	74.5	76.3	0.0	0.1	0.3	3.45	5.71	10.36
110	73.3	75.8	77.3	0.0	0.2	0.8	3.99	6.90	12.39
120	74.6	77.7	78.1	0.0	0.4	0.9	4.39	7.75	14.05
130	76.1	78.1	77.7	0.1	0.5	1.3	4.89	8.73	16.58
140	76.6	77.7	78.0	0.1	0.8	1.9	5.08	9.54	18.26
150	77.1	78.1	78.0	0.3	0.9	2.1	5.47	10.25	19.26
160	77.5	77.9	77.8	0.3	1.0	2.6	5.79	10.92	20.74
170	77.8	78.4	77.8	0.3	1.4	3.2	5.97	11.34	21.87
180	77.6	78.8	77.5	0.4	1.3	3.2	6.27	11.88	22.82
190	78.1	78.2	77.5	0.5	1.4	3.9	6.46	12.42	23.90
200	78.4	78.6	77.2	0.4	1.7	3.9	6.63	12.69	24.61
250	79.1	78.2	76.8	0.7	2.4	5.4	7.40	14.27	27.69
300	79.2	78.1	75.9	0.8	2.9	6.8	7.89	15.36	29.75
400	79.1	77.7	75.9	1.1	3.8	7.6	8.56	16.64	32.02
500	79.4	77.4	75.0	1.3	4.3	9.3	8.93	17.55	33.43
600	79.2	77.5	74.4	1.5	4.6	9.9	9.22	17.96	34.30
700	79.4	77.1	74.5	1.5	4.8	10.2	9.40	18.32	34.94
800	79.1	77.4	74.2	1.8	5.1	10.7	9.53	18.54	35.53
900	79.3	77.2	74.4	1.7	5.0	10.6	9.62	18.85	35.73
1000	79.1	77.4	73.9	1.9	5.2	11.0	9.72	18.91	36.26
1500	79.5	77.2	73.9	2.0	5.5	11.8	9.95	19.42	37.01
2000	79.5	77.0	73.3	1.9	5.6	12.1	10.07	19.70	37.63
2500	79.6	76.9	72.8	2.2	6.0	13.3	10.12	19.77	37.71
3000	79.5	77.0	73.4	2.0	5.8	12.7	10.20	19.91	37.67
3500	79.5	77.0	73.1	2.2	6.0	12.9	10.20	19.95	37.95
4000	79.7	77.0	72.7	2.4	6.2	13.3	10.18	20.02	38.09
4500	79.8	77.2	73.1	2.1	6.3	13.2	10.19	19.85	37.98
5000	79.9	77.9	73.2	2.2	6.4	13.2	10.20	20.00	38.13
6000		76.7	73.1		6.5	13.2		20.14	38.05
7000		76.8	72.0		6.5	13.3		20.09	38.40
8000		76.9	72.9		6.6	13.4		20.05	38.18
9000		77.1	73.2		6.2	13.3		20.14	38.38
10000		76.8	72.8		6.6	13.7		20.13	38.23
15000			73.2			13.1			38.37
20000			73.1			13.5			38.24

Tab. 4.13

PACOTES 512 bits									
carda (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.5	4.8	4.7	0.0	0.0	0.0	3.46	0.17	0.17
10	9.8	9.9	10.0	0.0	0.0	0.0	0.74	0.63	0.73
15	14.4	15.0	14.9	0.0	0.0	0.0	1.25	0.57	0.71
20	19.5	19.6	19.8	0.0	0.0	0.0	0.74	0.77	0.75
25	24.9	24.3	24.7	0.0	0.0	0.0	0.74	0.87	1.03
30	29.6	29.5	29.1	0.0	0.0	0.0	0.90	1.02	1.03
35	34.1	33.8	33.9	0.0	0.0	0.0	1.00	1.07	1.23
40	37.9	39.0	38.0	0.0	0.0	0.0	1.28	1.28	1.31
45	41.9	42.9	42.8	0.0	0.0	0.0	1.48	1.36	1.40
50	46.5	47.8	48.1	0.0	0.0	0.0	1.28	1.42	1.58
55	50.7	52.1	52.7	0.0	0.0	0.0	1.34	1.58	1.95
60	53.5	56.4	57.2	0.0	0.0	0.0	1.53	1.93	2.14
65	57.2	60.6	61.2	0.0	0.0	0.0	1.83	2.02	2.37
70	60.5	64.6	64.1	0.0	0.0	0.0	1.91	2.38	2.70
75	63.9	66.4	68.1	0.0	0.0	0.0	2.04	2.51	3.60
80	66.7	69.8	71.4	0.0	0.0	0.0	2.31	2.98	3.76
85	67.8	72.7	74.9	0.0	0.0	0.0	2.31	3.36	4.89
90	70.2	74.5	76.8	0.0	0.0	0.0	2.66	3.82	5.40
95	73.0	76.6	79.2	0.0	0.0	0.1	2.86	4.24	6.23
100	74.5	78.9	79.9	0.0	0.1	0.1	2.95	4.60	7.32
110	77.0	80.8	82.8	0.0	0.1	0.3	3.31	5.26	9.43
120	79.4	82.5	84.4	0.1	0.3	0.8	3.73	6.43	11.23
130	80.6	83.1	85.4	0.1	0.4	1.0	4.11	7.18	12.81
140	82.1	84.8	85.7	0.2	0.7	1.4	4.32	8.01	14.62
150	83.1	85.4	86.1	0.2	0.7	1.9	4.59	8.22	16.07
160	83.3	85.7	86.4	0.3	1.0	2.2	4.98	9.16	17.00
170	84.0	86.2	86.5	0.4	1.2	2.8	5.22	9.53	18.10
180	84.9	86.1	86.5	0.4	1.3	2.9	5.37	9.93	19.03
190	85.4	86.1	86.4	0.5	1.5	3.2	5.53	10.48	19.86
200	85.1	86.2	86.6	0.5	1.8	3.7	5.78	10.88	20.74
250	86.2	86.9	86.4	0.8	2.4	5.0	6.51	12.26	23.27
300	86.8	86.8	86.2	1.2	3.3	6.1	6.99	13.35	25.23
400	87.4	86.9	86.0	1.6	4.2	7.8	7.59	14.43	27.38
500	87.5	87.0	85.6	1.9	4.9	8.8	7.90	15.21	28.76
600	87.2	86.9	85.3	2.1	5.3	10.1	8.23	15.64	29.60
700	87.5	86.8	85.3	2.3	5.3	10.4	8.36	16.07	30.11
800	87.5	86.8	85.3	2.4	5.2	10.5	8.52	16.37	30.58
900	87.5	86.8	85.0	2.4	5.9	11.4	8.61	16.36	30.86
1000	87.7	86.6	85.0	2.5	6.2	11.3	8.68	16.58	31.31
1500	87.7	86.6	84.7	2.7	6.7	12.4	8.93	17.08	31.79
2000	87.7	86.5	84.8	2.8	6.8	12.5	9.04	17.30	32.29
2500	87.8	86.6	84.8	2.9	6.8	12.7	9.10	17.43	32.58
3000	87.8	86.6	84.6	3.1	7.1	13.0	9.12	17.46	32.68
3500	88.0	86.6	84.6	2.8	7.5	13.2	9.18	17.47	32.77
4000	88.0	86.6	84.6	3.4	7.2	13.3	9.14	17.59	32.87
4500	88.0	86.6	84.5	3.3	7.2	13.5	9.18	17.59	32.89
5000	88.1	86.4	84.6	3.2	7.3	13.3	9.17	17.48	32.99
6000		86.5	84.4		7.7	13.8		17.42	32.97
7000		86.6	84.5		7.5	13.5		17.66	33.08
8000		86.5	84.5		7.2	13.7		17.75	32.99
9000		86.5	84.4		7.6	14.0		17.72	33.06
10000		86.6	84.5		7.9	13.9		17.64	33.11
15000			84.3			14.1			33.17
20000			84.2			14.2			33.27

Tab. 4.14

PACOTES 2048 bits									
carda (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	10.0	9.7	10.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.23	0.93
15	14.4	14.5	14.9	0.0	0.0	0.0	0.74	0.80	0.41
20	19.5	19.8	18.9	0.0	0.0	0.0	0.79	0.75	1.00
25	24.6	25.1	24.6	0.0	0.0	0.0	0.72	0.79	0.68
30	28.4	29.3	30.1	0.0	0.0	0.0	0.96	1.01	0.81
35	33.3	33.6	33.8	0.0	0.0	0.0	0.89	0.87	1.30
40	37.8	38.7	39.5	0.0	0.0	0.0	1.12	1.24	1.23
45	42.2	44.1	42.9	0.0	0.0	0.0	1.27	1.48	1.71
50	45.8	47.2	48.2	0.0	0.0	0.0	1.62	1.64	1.71
55	50.3	51.2	52.2	0.0	0.0	0.0	1.54	1.77	2.09
60	53.5	55.1	56.6	0.0	0.0	0.0	1.78	2.19	2.57
65	56.6	59.3	61.4	0.0	0.0	0.0	1.85	2.16	2.82
70	59.3	61.5	64.8	0.0	0.0	0.0	2.24	2.47	3.71
75	62.0	65.7	68.6	0.0	0.0	0.0	2.24	3.03	4.11
80	64.5	67.5	70.4	0.0	0.0	0.0	2.51	3.23	4.82
85	67.4	71.6	74.0	0.0	0.0	0.0	2.70	3.69	5.28</

PACOTES 256 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.4	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.8	9.8	9.8	0.0	0.0	0.0	0.26	0.31	0.27
15	14.9	14.9	14.7	0.0	0.0	0.0	0.38	0.47	0.45
20	20.2	19.6	19.5	0.0	0.0	0.0	0.32	0.32	0.36
25	24.8	24.1	24.3	0.0	0.0	0.0	0.40	0.39	0.39
30	29.5	29.2	30.0	0.0	0.0	0.0	0.39	0.44	0.43
35	34.4	34.4	34.1	0.0	0.0	0.0	0.44	0.50	0.49
40	39.0	39.3	38.6	0.0	0.0	0.0	0.51	0.53	0.51
45	43.4	42.5	43.5	0.0	0.0	0.0	0.59	0.58	0.60
50	48.5	48.8	48.3	0.0	0.0	0.0	0.68	0.64	0.71
55	52.3	52.7	54.4	0.0	0.0	0.0	0.74	0.78	0.81
60	56.5	57.7	58.2	0.0	0.0	0.0	0.84	0.94	0.99
65	60.5	61.6	62.3	0.0	0.0	0.0	1.06	1.10	1.20
70	64.0	66.2	67.8	0.0	0.0	0.0	1.10	1.47	1.70
75	67.7	69.3	70.9	0.0	0.0	0.0	1.43	1.73	2.17
80	70.1	72.1	74.3	0.0	0.0	0.2	1.59	2.16	3.04
85	71.9	74.6	75.6	0.1	0.2	0.4	1.86	2.83	3.84
90	72.6	76.2	76.8	0.1	0.4	0.8	2.03	3.44	5.11
95	74.5	77.0	76.5	0.1	0.7	3.3	2.53	4.22	8.37
100	76.2	77.2	75.9	0.1	0.9	4.2	2.86	4.94	9.59
110	77.0	77.4	74.1	0.3	2.1	8.5	3.36	6.44	13.12
120	77.5	77.0	72.5	0.5	3.1	12.3	3.89	7.66	15.72
130	78.0	76.5	71.4	0.7	4.3	15.1	4.36	8.73	17.13
140	77.7	75.5	70.1	1.0	5.8	18.1	4.91	9.91	19.12
150	78.2	75.4	69.1	1.1	6.3	21.3	5.18	10.30	20.06
160	77.8	74.9	67.7	1.2	7.9	24.2	5.48	10.94	21.12
170	77.8	74.5	67.0	1.8	8.6	26.0	5.88	11.57	21.84
180	78.1	73.9	65.8	1.8	9.7	28.6	6.07	12.20	22.78
190	77.5	73.8	65.5	2.1	10.6	29.3	6.45	12.50	22.86
200	77.7	73.5	65.1	2.3	11.2	30.6	6.60	12.75	23.42
250	77.2	72.3	62.0	3.1	13.5	37.7	7.45	14.17	24.66
300	76.9	71.1	60.0	3.5	16.3	41.9	7.97	15.08	25.25
400	76.6	69.8	57.1	4.9	19.2	47.4	8.56	15.99	25.78
500	76.1	69.3	55.5	5.1	21.4	50.6	9.02	16.42	25.74
600	75.9	68.7	54.6	5.9	22.6	52.8	9.23	16.78	25.57
700	75.9	68.3	53.6	6.0	23.2	54.4	9.42	17.01	25.72
800	75.7	67.9	53.0	6.2	24.5	55.4	9.57	17.08	25.57
900	75.4	67.7	52.1	6.5	24.9	56.6	9.70	17.20	25.55
1000	75.7	67.7	52.2	6.1	25.5	57.0	9.77	17.19	25.47
1500	75.3	67.1	50.7	7.3	26.6	59.4	9.98	17.56	25.28
2000	75.5	66.9	49.4	7.4	27.4	60.9	10.04	17.58	25.14
2500	75.5	66.4	49.4	7.5	27.7	61.2	10.13	17.73	25.09
3000	75.3	66.3	48.9	7.2	28.3	61.9	10.22	17.75	24.92
3500	75.5	66.4	48.9	7.2	27.9	62.0	10.23	17.84	25.02
4000	75.0	66.3	48.8	7.6	28.0	62.2	10.29	17.91	24.85
4500	74.8	66.2	48.7	7.9	28.5	62.5	10.29	17.85	24.80
5000	75.3	66.4	48.5	7.8	28.4	62.6	10.25	17.85	24.81
6000		66.2	48.2		28.5	62.9		17.93	24.87
7000		66.3	48.3		28.5	63.0		17.92	24.70
8000		66.1	48.4		28.8	63.0		17.88	24.76
9000		65.8	48.0		28.9	63.4		17.99	24.70
10000		66.2	48.0		29.1	63.3		17.85	24.70
15000			47.8			63.6			24.68
20000			48.1			63.4			24.79

Tab. 4.16

PACOTES 512 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.9	9.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.19	0.22	0.33
15	14.9	15.0	14.8	0.0	0.0	0.0	0.22	0.23	0.25
20	20.2	20.3	20.3	0.0	0.0	0.0	0.35	0.30	0.30
25	24.7	25.0	24.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.32	0.38
30	29.7	29.7	30.0	0.0	0.0	0.0	0.39	0.38	0.34
35	34.5	34.9	34.6	0.0	0.0	0.0	0.43	0.44	0.39
40	39.4	39.2	39.9	0.0	0.0	0.0	0.44	0.46	0.48
45	44.2	43.7	43.4	0.0	0.0	0.0	0.48	0.50	0.55
50	49.2	48.7	49.3	0.0	0.0	0.0	0.55	0.62	0.55
55	52.6	53.6	54.5	0.0	0.0	0.0	0.59	0.63	0.64
60	57.4	58.1	58.9	0.0	0.0	0.0	0.69	0.72	0.74
65	60.6	62.9	63.0	0.0	0.0	0.0	0.71	0.84	0.81
70	66.1	67.8	67.5	0.0	0.0	0.0	0.86	0.90	0.98
75	68.5	69.8	71.6	0.0	0.0	0.0	0.93	0.99	1.16
80	73.4	75.0	76.8	0.0	0.0	0.1	1.15	1.31	1.59
85	76.1	78.7	79.0	0.0	0.1	0.1	1.29	1.62	1.87
90	78.7	81.4	83.0	0.0	0.2	0.6	1.45	2.01	2.76
95	80.7	83.1	84.5	0.1	0.5	1.1	1.61	2.35	3.50
100	82.6	85.1	85.4	0.1	0.7	2.6	2.00	2.92	5.06
110	84.8	86.2	85.2	0.3	1.9	6.8	2.46	4.15	8.12
120	85.3	86.3	84.3	0.4	3.7	10.3	2.94	5.31	9.90
130	86.5	86.0	83.1	1.0	5.0	14.7	3.29	6.15	11.88
140	86.8	85.5	82.4	1.4	7.1	18.6	3.79	7.09	13.20
150	87.0	85.0	81.5	1.9	9.3	22.1	4.14	7.99	14.19
160	86.7	84.5	81.1	2.3	10.9	23.6	4.35	8.48	14.65
170	86.8	84.4	79.5	2.7	12.0	28.8	4.74	8.76	15.90
180	86.8	84.1	79.2	3.4	13.4	30.4	5.07	9.16	16.06
190	86.7	83.5	79.0	3.8	15.2	31.6	5.26	9.63	16.24
200	86.7	83.2	78.2	4.2	16.8	34.3	5.45	9.92	16.60
250	86.1	81.9	75.6	6.3	21.6	41.8	6.18	10.85	17.54
300	85.7	80.9	73.6	7.5	25.1	47.6	6.70	11.43	17.68
400	85.1	79.5	71.0	9.7	30.0	53.9	7.20	11.90	17.63
500	84.9	78.9	69.3	10.6	32.4	57.9	7.51	12.16	17.17
600	84.8	78.3	67.4	11.7	34.5	61.0	7.67	12.25	16.85
700	84.7	78.0	66.5	12.4	35.8	62.6	7.80	12.31	16.69
800	84.4	77.4	65.6	12.8	37.1	64.4	7.91	12.37	16.39
900	84.4	77.2	64.9	13.3	38.0	65.4	7.98	12.35	16.29
1000	84.1	77.0	64.4	13.8	38.5	66.3	8.04	12.41	16.09
1500	83.9	76.2	62.2	14.3	40.9	69.3	8.24	12.37	15.51
2000	83.7	76.2	61.3	14.9	41.3	70.5	8.32	12.49	15.29
2500	83.8	75.8	60.9	15.2	42.2	71.4	8.36	12.44	15.07
3000	83.6	75.5	60.5	15.3	43.0	71.8	8.40	12.40	14.96
3500	83.7	75.4	59.9	15.7	43.2	72.4	8.40	12.39	14.84
4000	83.8	75.3	59.9	15.9	43.3	72.6	8.37	12.41	14.73
4500	83.6	75.3	59.5	15.8	43.5	72.9	8.42	12.41	14.74
5000	83.6	75.4	59.3	15.8	43.6	73.2	8.45	12.40	14.65
6000		75.3	59.1		43.6	73.4		12.44	14.65
7000		75.1	58.8		43.9	73.7		12.40	14.58
8000		75.4	59.0		43.8	73.6		12.42	14.60
9000		75.1	59.0		44.2	73.7		12.38	14.57
10000		75.0	58.8		44.2	73.9		12.41	14.45
15000			58.5			74.1			14.44
20000			58.2			74.5			14.35

Tab. 4.17

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.9	9.6	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.28
15	14.9	15.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.31	0.23
20	19.9	20.2	20.1	0.0	0.0	0.0	0.30	0.29	0.33
25	24.7	25.0	24.8	0.0	0.0	0.0	0.29	0.27	0.36
30	29.8	29.2	29.6	0.0	0.0	0.0	0.38	0.34	0.38
35	35.2	35.1	34.7	0.0	0.0	0.0	0.34	0.39	0.38
40	39.4	39.0	39.8	0.0	0.0	0.0	0.44	0.38	0.43
45	43.9	43.3	44.1	0.0	0.0	0.0	0.46	0.46	0.47
50	49.7	48.6	49.5	0.0	0.0	0.0	0.49	0.51	0.50
55	53.0	52.9	54.0	0.0	0.0	0.0	0.51	0.56	0.57
60	57.2	58.1	58.4	0.0	0.0	0.0	0.57	0.60	0.64
65	61.7	62.9	63.2	0.0	0.0	0.0	0.64	0.73	0.70
70	66.4	67.5	67.8	0.0	0.0	0.0	0.71	0.72	0.74
75	72.0	71.9	73.0	0.0	0.0	0.0	0.81	0.82	0.93
80	74.6	75.3	77.0	0.0	0.0	0.0	0.90	0.95	1.03
85	77.2	80.5	80.2	0.0	0.1	0.1	0.98	1.12	1.18
90	81.1	84.3	84.8	0.0	0.2	0.6	1.09	1.36	1.65
95	83.3	86.4	89.2	0.1	0.5	1.1	1.19	1.55	2.23
100	86.6	90.3	91.2	0.2	1.1	2.2	1.38	2.03	2.78
110	90.7	93.3	93.4	0.4	2.6	5.4	1.74	2.78	4.60
120	93.0	94.7	94.4	1.3	4.8	10.6	2.11	3.58	6.65
130	94.2	95.1	94.3	2.0	8.8	16.1	2.45	4.43	8.11
140	94.9	95.2	94.2	3.4	10.8	19.5	2.93	5.05	8.93
150	95.5	95.0	93.9	4.8	14.2	24.1	3.22	5.60	9.81
160	95.5	94.8	93.6	6.3	17.3	27.9	3.48	6.05	10.38
170	95.5	94.6	93.4	7.7	20.8	30.9	3.77	6.45	10.95
180	95.5	94.5	93.2	8.4	22.7	33.6	3.93	6.70	11.23
190	95.5	94.3	92.9	9.8	24.3	36.1	4.10	6.76	11.32
200	95.4	94.1	92.7	11.1	26.6	39.1	4.25	7.07	11.60
250	95.2	93.4	91.6	15.9	34.7	48.2	4.75	7.45	11.83
300	94.9	92.9	90.7	20.1	40.1	54.8	5.01	7.51	11.46
400	94.6	92.0	89.2	24.5	47.4	62.7	5.24	7.44	10.69
500	94.3	91.4	88.0	27.7	51.8	67.7	5.35	7.28	9.98
600	94.0	90.9	87.0	30.2	55.2	71.2	5.38	7.06	9.37
700	93.9	90.4	86.1	31.7	57.6	73.7	5.42	6.89	8.89
800	93.8	90.2	85.4	32.9	59.1	75.4	5.43	6.80	8.49
900	93.7	89.9	84.7	33.8	60.5	77.0	5.44	6.68	8.16
1000	93.6	89.7	84.3	34.4	61.5	78.1	5.45	6.59	7.88
1500	93.4	88.8	82.4	36.8	65.1	81.5	5.45	6.25	7.02
2000	93.3	88.4	81.0	38.1	66.8	83.4	5.42	6.08	6.51
2500	93.1	88.2	80.1	39.1	67.6	84.5	5.40	5.97	6.20
3000	93.2	88.0	79.4	39.3	68.4	85.2	5.41	5.89	5.99
3500	93.1	87.8	79.0	39.8	69.0	85.7	5.39	5.82	5.85
4000	93.1	87.8	78.7	40.1	69.2	86.1	5.37	5.80	5.74
4500	93.0	87.7	78.4	40.4	69.5	86.4	5.36	5.77	5.65
5000	93.0	87.5	78.2	40.4	69.9	86.6	5.37	5.70	5.58
6000		87.5	77.8		70.1	87.0		5.69	5.46
7000		87.4	77.5		70.4	87.2		5.64	5.39
8000		87.4	77.3		70.5	87.4		5.63	5.33
9000		87.3	77.1		70.7	87.6		5.61	5.28
10000		87.2	76.9		70.8	87.7		5.59	5.24
15000			76.4			88.1			5.12
20000			76.1			88.3			5.06

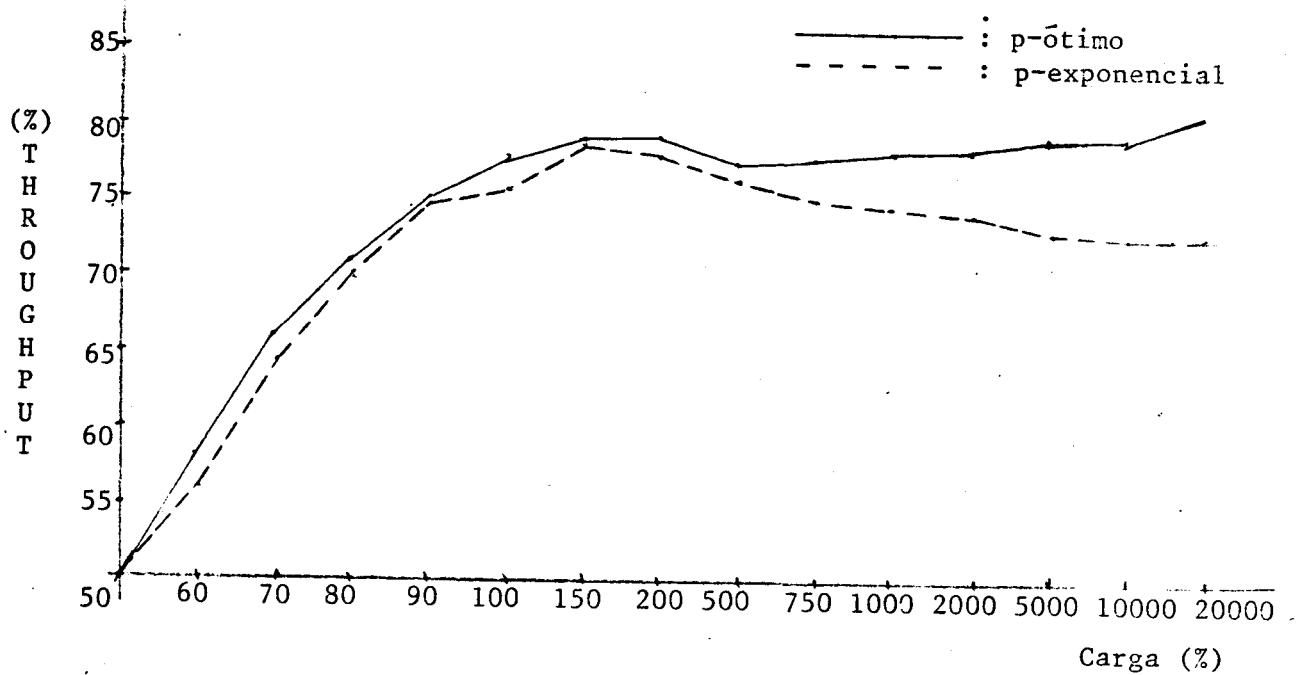


Fig. 4.3 p-persistente total (256 bits e 200 estações)

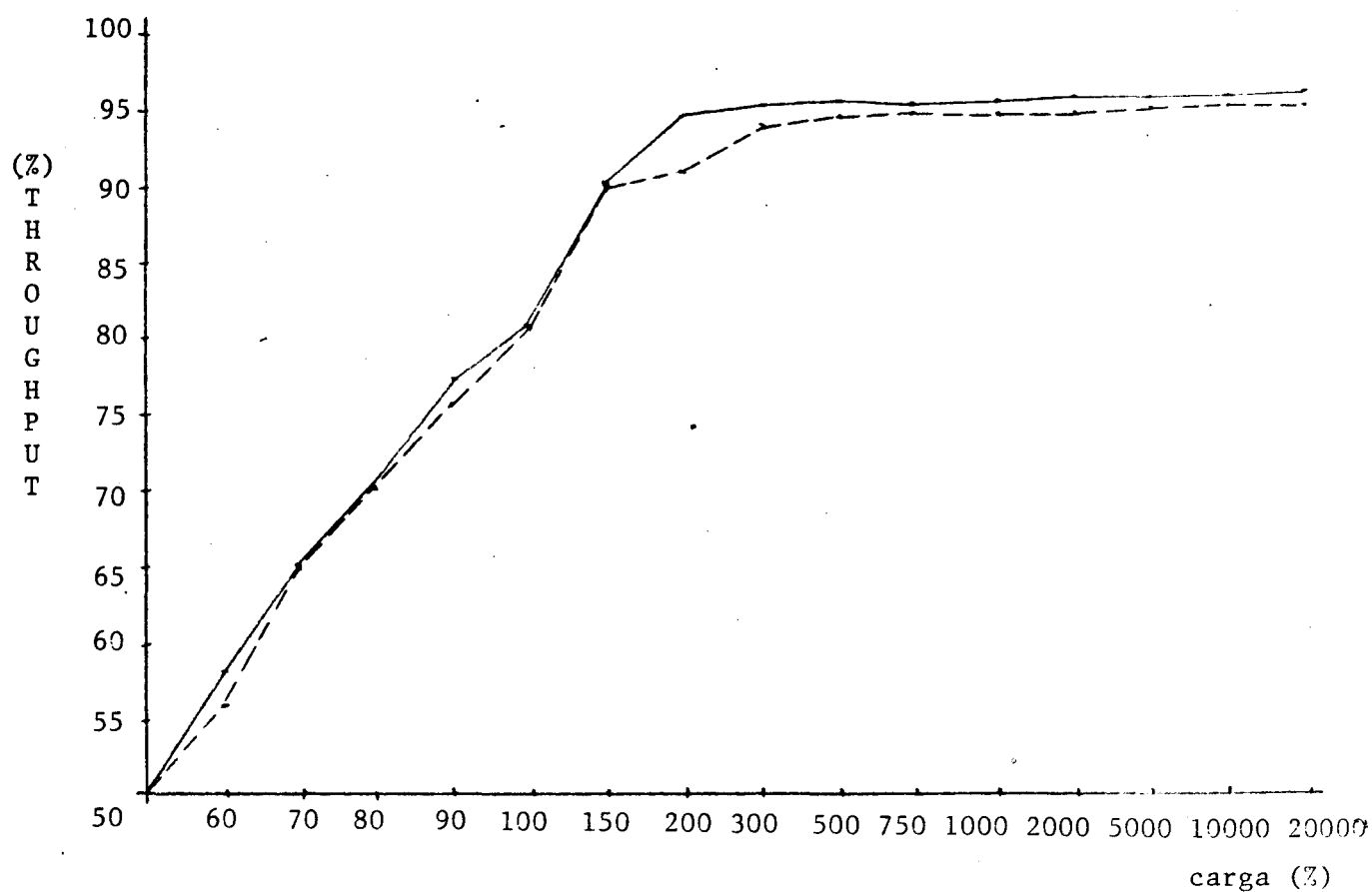


Fig. 4.4 p-persistente total (2048 bits e 200 estações)

#### 4.1.3.- RESULTADOS DAS 4 POLÍTICAS.

Uma vez escolhido o melhor esquema para cálculo da probabilidade "p" das políticas p-persistente e p-persistente total, apresentamos os resultados das 4 políticas que utilizam o algoritmo exponencial binário de backoff para o reescalamento dos pacotes no caso de uma tentativa frustrada de transmissão.

##### 4.1.3.1.- POLÍTICA "1-PERSISTENTE".

Nas 3 tabelas seguintes (4.19, 4.20 e 4.21) estão os resultados obtidos da simulação da política utilizada pela rede "Ethernet". O algoritmo para reescalamento dos pacotes em caso de colisão foi modificado limitando-o para 8 colisões após a qual o intervalo é reinicializado. Esta alteração teve como objetivo reduzir o tempo de resposta (atraso normalizado) dos pacotes transmitidos sem prejudicar o throughput. Este objetivo foi conseguido e consequentemente apresentamos os resultados com a "AEBB" modificado. As figuras 4.1 e 4.2 nos dão uma ideia da diferença entre os dois algoritmos de reescalamento.

Esta política mostra uma certa instabilidade quando os pacotes são pequenos (256 bits, tab. 4.19 e fig 4.5) e a rede possui um grande número de estações. Com pacotes grandes a queda no throughput desaparece e o melhor desempenho se obtém quando o

número de estações é maior [ALMES 79 e METCALFE 76]. O "atraso médio normalizado" para cargas altas é proporcional ao número de estações, mas inversamente proporcional ao tamanho do pacote. A proporção de pacotes abortados após 16 colisões (ou tentativas) é bastante alto, chegando até 86 % para pacotes grandes (2048 bits) e 200 estações a 100 % de carga individual.

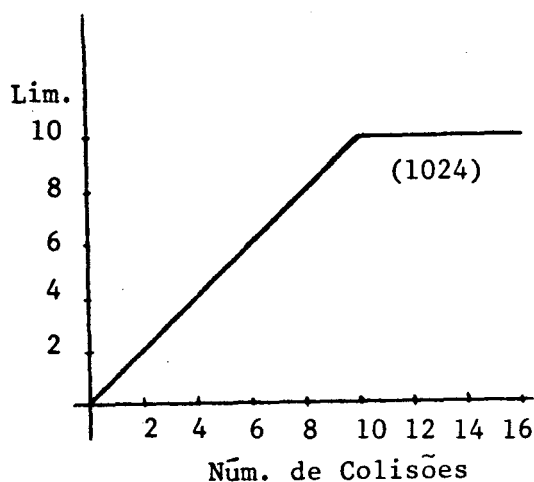


Fig. 4.1

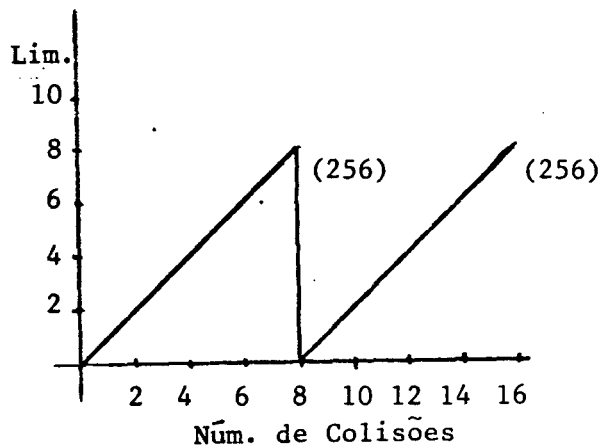


Fig. 4.2

PACOTES 256 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.4	4.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
10	9.9	9.8	9.8	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.19
15	15.2	15.1	15.1	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.20
20	19.9	20.1	20.0	0.0	0.0	0.0	0.22	0.21	0.22
25	25.5	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.24
30	29.9	29.8	30.1	0.0	0.0	0.0	0.26	0.28	0.28
35	34.9	34.5	34.8	0.0	0.0	0.0	0.33	0.32	0.32
40	39.4	40.3	40.0	0.0	0.0	0.0	0.35	0.36	0.40
45	44.1	44.1	44.3	0.0	0.0	0.0	0.50	0.49	0.46
50	48.3	48.8	49.0	0.0	0.0	0.0	0.56	0.64	0.62
55	52.8	53.7	53.9	0.0	0.0	0.0	0.69	0.96	0.94
60	56.7	57.4	58.0	0.0	0.0	0.1	0.98	1.13	1.43
65	59.6	60.7	61.8	0.0	0.2	0.3	1.20	1.79	2.11
70	61.6	63.5	64.5	0.1	0.3	0.7	1.65	2.25	3.41
75	63.4	65.5	66.2	0.2	0.6	1.5	2.02	3.13	4.59
80	64.7	66.9	68.0	0.2	1.1	3.7	2.34	3.87	7.21
85	65.7	67.2	68.2	0.6	1.8	5.0	2.91	4.68	8.77
90	66.4	68.1	68.6	0.7	3.0	6.1	3.40	6.00	9.44
95	67.5	68.4	69.0	0.9	3.2	8.3	3.69	6.32	11.07
100	67.3	68.7	69.3	1.2	4.6	10.9	4.00	7.32	13.08
110	67.8	68.6	69.9	1.9	5.6	13.1	4.80	8.23	14.30
120	68.1	69.2	70.6	2.5	7.4	15.7	5.28	9.31	15.87
130	67.9	69.6	70.5	3.2	9.0	18.7	5.79	10.82	17.12
140	68.3	69.7	70.7	3.4	10.0	20.8	6.10	10.58	17.89
150	68.7	70.0	70.6	3.9	11.7	22.6	6.42	11.30	18.68
160	68.5	70.2	70.6	4.4	12.9	24.6	6.79	11.77	19.52
170	68.9	70.1	71.1	4.9	13.4	26.0	7.00	11.99	19.67
180	69.0	70.6	70.5	5.2	14.3	27.6	7.24	12.35	19.99
190	68.6	70.4	70.8	5.7	15.3	28.6	7.43	12.76	20.41
200	69.0	70.9	70.7	5.8	15.8	30.2	7.57	12.76	20.67
250	69.2	71.0	70.2	7.5	18.6	35.6	8.31	13.66	21.62
300	69.6	71.5	69.4	8.5	20.1	39.2	8.60	14.27	22.05
400	69.4	71.1	68.2	9.1	23.0	43.5	9.21	14.99	22.45
500	69.8	70.9	67.5	10.1	25.1	46.5	9.40	15.22	22.51
600	70.3	71.1	67.0	9.8	25.7	48.4	9.67	15.49	22.48
700	69.9	71.4	66.3	10.7	26.1	49.9	9.79	15.61	22.47
800	70.3	71.1	65.8	11.0	27.1	51.0	9.85	15.67	22.44
900	70.1	71.2	65.5	11.3	27.7	51.7	9.95	15.68	22.37
1000	70.4	71.1	65.9	11.2	27.7	52.0	9.99	15.85	22.36
1500	70.0	70.9	64.4	12.0	29.1	54.3	10.20	15.98	22.15
2000	70.1	71.4	65.0	12.5	29.3	55.0	10.25	16.04	21.97
2500	69.8	71.0	64.2	11.8	30.1	55.6	10.44	16.05	22.17
3000	69.9	71.1	63.4	12.3	29.9	56.6	10.38	16.15	22.07
3500	70.0	71.1	63.7	12.3	30.3	56.7	10.43	16.13	21.96
4000	70.0	71.1	63.5	12.3	30.5	56.8	10.44	16.12	21.98
4500	69.9	70.7	63.4	12.5	30.8	57.2	10.45	16.17	21.81
5000	69.9	71.0	63.3	12.5	31.0	57.2	10.46	16.09	21.79
6000	71.1	63.3		30.9	57.6		16.11	21.76	
7000	71.3	63.4		30.7	57.2		16.16	21.89	
8000	71.3	62.6		30.6	57.9		16.18	21.89	
9000	70.6	63.2		30.9	57.7		16.30	21.81	
10000	71.2	63.2		30.7	57.4		16.20	21.90	
15000	63.5			57.7			21.83		
20000	63.0			58.1			21.77		

Tab. 4.19

PACOTES 512 bits									
carga (Z)	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.7	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.18
10	9.8	9.8	9.9	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.19
15	15.0	15.1	14.8	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.0	19.8	20.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.21
25	25.0	24.9	25.0	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.22
30	30.3	29.6	29.9	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.24
35	34.5	34.8	34.9	0.0	0.0	0.0	0.25	0.26	0.26
40	39.0	39.9	40.6	0.0	0.0	0.0	0.27	0.31	0.31
45	45.1	45.1	44.7	0.0	0.0	0.0	0.35	0.34	0.34
50	49.6	49.3	49.2	0.0	0.0	0.0	0.40	0.43	0.41
55	54.0	53.2	54.2	0.0	0.0	0.0	0.46	0.48	0.51
60	57.3	58.7	58.8	0.0	0.0	0.1	0.57	0.67	0.69
65	62.1	61.9	64.2	0.1	0.1	0.2	0.79	0.86	1.10
70	65.6	67.1	67.2	0.1	0.2	0.3	0.94	1.25	1.35
75	68.3	68.9	70.1	0.3	0.5	1.3	1.28	1.63	2.34
80	70.2	72.1	73.2	0.6	0.9	2.6	1.61	2.18	3.89
85	71.4	73.3	74.3	0.9	2.4	4.4	1.84	2.98	4.89
90	72.8	74.3	74.7	1.3	3.6	6.9	2.27	3.67	6.54
95	74.0	74.8	75.8	1.8	4.8	8.9	2.52	4.39	7.43
100	74.2	75.7	76.4	2.1	5.9	10.8	2.78	4.83	8.65
110	75.2	75.9	76.5	3.6	8.8	15.4	3.38	5.94	10.38
120	75.7	77.0	77.5	5.2	11.6	18.5	3.98	6.95	11.63
130	75.9	77.5	78.0	6.5	14.0	22.2	4.39	7.54	12.95
140	76.0	77.5	78.8	7.5	15.9	25.5	4.74	8.09	13.44
150	75.9	77.5	79.1	8.6	18.3	26.8	5.04	8.51	13.91
160	76.6	78.1	79.4	9.7	19.9	29.7	5.24	8.89	14.39
170	76.3	78.3	80.1	10.5	20.9	32.0	5.51	9.16	14.63
180	77.0	78.9	80.4	11.1	21.8	33.4	5.68	9.27	15.00
190	76.7	79.2	80.4	11.9	23.2	35.1	5.88	9.50	15.24
200	77.0	79.4	80.6	12.3	24.2	37.1	5.99	9.64	15.38
250	77.5	79.5	81.0	14.8	28.9	42.6	6.47	10.20	15.61
300	77.8	80.3	81.5	16.9	31.5	46.7	6.78	10.48	15.68
400	78.3	80.5	81.8	18.8	35.8	52.2	7.11	10.70	15.28
500	78.3	80.9	81.7	20.4	38.1	55.5	7.33	10.82	15.07
600	78.7	81.1	81.1	21.3	39.6	57.8	7.44	10.85	14.85
700	78.8	81.2	81.1	22.0	41.1	59.4	7.52	10.83	14.61
800	78.9	81.3	81.2	22.7	41.8	60.6	7.56	10.85	14.40
900	78.9	81.4	81.3	22.8	42.7	61.4	7.63	10.79	14.27
1000	79.1	81.7	80.9	22.9	42.9	62.4	7.68	10.84	14.11
1500	78.8	81.6	80.5	24.3	44.6	64.7	7.78	10.82	13.70
2000	79.0	81.8	80.2	24.7	45.4	65.9	7.81	10.76	13.49
2500	79.1	81.8	80.5	25.0	45.9	66.4	7.83	10.80	13.34
3000	79.0	81.9	79.8	25.4	46.2	67.2	7.85	10.78	13.25
3500	79.1	81.9	80.1	25.5	46.3	67.4	7.84	10.80	13.16
4000	79.2	81.6	79.8	26.0	46.7	67.7	7.82	10.79	13.12
4500	78.9	82.0	79.6	25.5	46.9	67.9	7.91	10.72	13.09
5000	78.9	81.9	79.8	25.8	46.9	68.1	7.87	10.75	13.06
6000	81.8	80.0		47.2	68.2		10.73	12.98	
7000	82.0	79.3		47.2	68.6		10.70	12.94	
8000	82.1	79.7		47.2	68.6		10.70	12.91	
9000	81.7	79.8		47.6	68.7		10.70	12.87	
10000	81.9	79.7		47.2	68.8		10.75	12.81	
15000	79.2			69.1			12.80		
20000	79.2			69.4			12.76		

Tab. 4.20

POLÍTICA "UM-PERSISTENTE"

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (Z)			ABORTADOS (Z)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.7	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.9	9.8	9.8	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.0	15.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	19.9	20.0	19.8	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	24.7	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	29.7	30.4	29.9	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
35	34.7	34.8	35.1	0.0	0.0	0.0	0.22	0.23	0.22
40	39.6	40.2	39.9	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.24
45	44.8	44.9	45.3	0.0	0.0	0.0	0.26	0.26	0.26
50	49.4	50.5	49.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.29	0.29
55	54.3	54.7	53.6	0.0	0.0	0.0	0.32	0.35	0.34
60	59.2	58.6	57.8	0.0	0.0	0.1	0.37	0.36	0.46
65	63.1	63.3	63.5	0.1	0.1	0.3	0.43	0.43	0.52
70	68.2	68.0	68.0	0.1	0.3	0.4	0.48	0.54	0.71
75	71.9	72.1	72.0	0.3	0.7	0.8	0.56	0.74	0.94
80	74.5	75.3	76.8	0.9	1.3	1.7	0.73	0.98	1.50
85	77.1	78.6	80.1	1.3	2.1	3.9	0.84	1.26	2.51
90	80.4	82.5	81.6	2.5	3.7	4.3	1.12	1.69	2.49
95	82.6	83.1	84.1	3.6	4.9	7.2	1.32	1.99	3.81
100	84.0	85.5	85.5	4.3	7.7	10.0	1.50	2.65	4.99
110	86.2	86.7	86.6	8.3	12.7	15.3	2.07	3.60	6.49
120	87.3	87.2	87.2	10.8	17.1	21.1	2.37	4.35	7.87
130	87.6	87.7	87.3	14.2	19.8	25.6	2.82	4.74	9.05
140	87.8	87.9	87.6	17.4	24.9	29.4	3.07	5.33	9.53
150	87.9	88.0	87.7	19.4	28.7	33.7	3.23	5.82	10.33
160	87.9	88.0	87.9	21.5	31.0	37.3	3.43	5.89	10.58
170	88.1	88.1	87.8	24.7	33.1	39.6	3.62	6.02	10.92
180	88.1	88.1	87.9	26.1	35.9	42.3	3.68	6.32	10.81
190	88.0	88.1	88.0	27.7	37.6	44.7	3.78	6.35	11.02
200	88.2	88.2	88.3	29.4	39.7	46.4	3.86	6.42	11.09
250	88.1	88.3	88.4	35.0	47.0	54.7	4.04	6.50	10.91
300	88.5	88.4	89.2	39.3	52.1	59.7	4.17	6.45	10.48
400	88.4	89.1	90.1	44.3	57.9	66.2	4.22	6.21	9.56
500	88.4	89.5	90.9	47.8	61.4	70.2	4.19	5.98	8.89
600	88.6	90.0	91.5	49.8	63.7	72.9	4.16	5.79	8.33
700	88.7	90.2	91.8	51.0	65.5	74.8	4.14	5.62	7.93
800	88.8	90.4	92.0	52.0	66.8	76.2	4.13	5.49	7.59
900	88.7	90.7	92.2	53.0	67.7	77.4	4.10	5.42	7.27
1000	88.8	90.8	92.4	53.7	68.6	78.2	4.08	5.32	7.10
1500	89.1	91.3	93.0	55.7	70.9	81.0	4.02	5.06	6.38
2000	89.1	91.5	93.1	56.8	72.2	82.4	3.97	4.90	5.99
2500	89.3	91.7	93.3	57.4	72.9	83.2	3.94	4.81	5.77
3000	89.1	91.8	93.3	57.8	73.4	83.8	3.94	4.75	5.59
3500	89.3	91.9	93.5	57.9	73.8	84.2	3.93	4.70	5.48
4000	89.3	92.0	93.4	58.4	74.0	84.5	3.89	4.67	5.39
4500	89.5	91.9	93.5	58.4	74.2	84.7	3.89	4.65	5.32
5000	89.6	92.1	93.5	58.5	74.3	84.9	3.88	4.62	5.26
6000		92.1	93.6		74.6	85.2		4.59	5.17
7000		92.1	93.5		74.8	85.4		4.56	5.12
8000		92.2	93.7		75.0	85.5		4.53	5.08
9000		92.1	93.7		75.1	85.7		4.51	5.03
10000		92.3	93.7		75.1	85.8		4.51	5.00
15000			93.8			86.0			4.91
20000			93.9			86.1			4.86

#### 4.1.3.2.- POLÍTICA "NAO-PERSISTENTE".

As medidas desta política muito simples e fácil de ser implementada estão mostradas nas tabelas 4.22, 4.23 e 4.24. O algoritmo para reescalonamento é o mesmo utilizado na simulação da política 1-persistente.

Os resultados obtidos desta política mostram uma certa instabilidade para os 3 tamanhos de pacotes, quando o número de estações é grande (figs 4.5 e 4.6). A queda do throughput nesse caso, é de 9 % , 5 % e 1.5 % para os pacotes de 256, 512 e 2048 bits respectivamente. O tempo médio de resposta é pequeno graças à alta proporção de pacotes abortados (90 % para pacotes de 2048 bits com 200 estações colocando 100 % de carga cada uma).



PACOTES 256 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.8	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
10	9.7	9.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.19	0.20	0.20
15	14.8	14.8	15.0	0.0	0.0	0.0	0.23	0.21	0.22
20	19.7	20.1	19.8	0.0	0.0	0.0	0.25	0.23	0.25
25	24.6	24.9	24.5	0.0	0.0	0.0	0.29	0.30	0.28
30	29.7	29.1	29.7	0.0	0.0	0.0	0.34	0.33	0.35
35	34.6	35.1	34.7	0.0	0.0	0.0	0.40	0.41	0.41
40	39.1	39.3	39.2	0.0	0.0	0.0	0.44	0.50	0.49
45	44.0	43.9	43.8	0.0	0.0	0.0	0.57	0.64	0.61
50	47.8	48.3	48.8	0.0	0.0	0.1	0.82	0.88	0.94
55	51.7	52.3	52.9	0.0	0.1	0.1	0.99	1.16	1.18
60	54.0	56.3	56.9	0.0	0.1	0.2	1.24	1.41	1.60
65	58.1	60.5	61.4	0.0	0.3	0.3	1.54	1.82	2.26
70	61.2	62.7	64.3	0.3	0.5	0.7	1.82	2.36	2.98
75	63.2	65.4	67.1	0.4	0.8	1.4	2.14	2.97	4.00
80	65.1	67.7	70.3	0.5	0.9	2.2	2.53	3.45	5.00
85	66.6	69.1	71.8	0.7	1.7	3.3	2.82	4.16	6.17
90	67.3	70.7	73.0	0.8	2.5	4.4	3.01	4.79	7.36
95	68.4	71.9	74.6	1.2	3.0	6.1	3.49	5.44	8.80
100	69.8	73.3	75.0	1.2	3.2	7.0	3.69	5.72	9.59
110	70.9	73.9	75.7	1.9	4.9	10.4	4.15	6.98	11.50
120	71.9	74.8	76.3	2.5	6.4	12.9	4.68	7.63	13.31
130	72.6	75.2	76.9	3.1	7.5	15.2	4.96	8.52	14.41
140	73.4	76.3	77.4	3.3	8.7	17.3	5.34	8.94	14.91
150	73.5	76.2	77.3	3.9	10.1	19.8	5.64	9.81	16.18
160	74.3	76.7	77.0	4.3	10.7	22.1	5.95	10.02	17.03
170	74.3	76.9	77.1	4.5	12.4	23.3	6.20	10.48	17.58
180	74.8	77.3	76.8	5.0	12.8	25.2	6.34	10.75	18.25
190	75.3	77.1	76.8	5.2	14.4	27.0	6.40	11.15	18.59
200	75.3	77.6	76.6	5.6	14.1	28.0	6.68	11.34	18.82
250	75.6	77.5	76.4	7.3	17.3	33.2	7.30	12.22	19.87
300	76.4	77.3	75.3	7.9	19.9	37.4	7.66	12.91	20.50
400	76.4	77.3	73.7	9.0	22.5	41.9	8.24	13.52	21.05
500	77.4	77.6	72.7	9.8	24.0	45.1	8.40	13.89	21.21
600	77.4	77.6	72.4	10.3	25.4	47.1	8.60	14.06	21.12
700	77.8	77.8	71.4	11.0	26.3	48.8	8.68	14.13	21.21
800	78.7	78.0	71.3	11.5	26.5	49.9	8.66	14.33	21.04
900	78.1	77.2	70.7	11.9	27.8	50.6	8.79	14.34	21.17
1000	78.7	77.6	70.5	12.1	27.9	51.1	8.78	14.41	21.14
1500	79.5	77.5	69.3	12.9	29.4	53.4	8.84	14.55	21.13
2000	80.3	77.7	69.3	13.4	29.8	54.5	8.83	14.58	20.86
2500	81.0	77.7	68.6	13.9	30.7	55.2	8.75	14.48	20.78
3000	81.5	78.0	68.5	14.0	30.9	55.6	8.72	14.50	20.79
3500	82.1	78.2	68.8	14.3	31.1	55.8	8.64	14.45	20.78
4000	82.6	78.4	68.3	15.1	31.2	56.1	8.54	14.40	20.75
4500	82.9	78.3	68.2	15.8	31.5	56.4	8.46	14.41	20.69
5000	83.4	78.9	68.5	16.2	31.5	56.3	8.36	14.30	20.68
6000	79.3	68.2			31.8	56.8		14.22	20.57
7000	79.8	68.5			32.2	56.7		14.02	20.52
8000	79.9	68.3			32.6	57.0		13.95	20.50
9000	80.1	68.9			32.6	56.9		13.94	20.38
10000	80.3	68.3			32.9	57.2		13.86	20.41
15000	68.7					57.3			
20000	68.9					57.6			

Tab. 4.22

PACOTES 512 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.6	4.7	4.8	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
10	9.8	9.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
15	14.9	14.8	15.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
20	19.8	20.3	20.0	0.0	0.0	0.0	0.22	0.23	0.22
25	25.0	24.7	25.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.24	0.25
30	30.1	29.6	29.6	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.27
35	34.9	34.6	34.7	0.0	0.0	0.0	0.33	0.32	0.32
40	39.9	40.0	39.7	0.0	0.0	0.0	0.37	0.39	0.41
45	44.6	44.0	44.6	0.0	0.0	0.0	0.49	0.49	0.49
50	48.2	49.3	49.0	0.1	0.1	0.1	0.56	0.64	0.61
55	52.3	53.8	54.1	0.0	0.0	0.1	0.67	0.75	0.83
60	57.1	57.8	58.5	0.1	0.1	0.2	0.85	0.90	1.06
65	60.2	61.2	63.0	0.2	0.3	0.3	0.97	1.13	1.41
70	63.6	64.5	66.0	0.4	0.5	0.9	1.21	1.41	1.81
75	67.1	69.3	70.0	0.5	1.1	1.4	1.49	1.99	2.47
80	68.8	71.4	72.1	0.9	1.4	1.7	1.71	2.19	2.74
85	71.0	74.2	75.5	1.2	2.2	3.2	1.87	2.72	3.86
90	72.8	75.3	78.0	1.5	3.1	5.3	2.17	3.08	5.13
95	74.3	77.7	80.0	2.1	4.1	7.3	2.41	3.64	6.32
100	75.7	79.5	81.6	2.5	5.9	8.7	2.67	4.26	7.14
110	77.6	80.9	82.8	4.1	7.7	11.9	3.22	4.99	8.27
120	79.0	82.3	83.8	4.9	10.2	15.1	3.52	5.68	9.37
130	80.5	83.0	84.9	6.1	12.6	19.5	3.82	6.45	10.69
140	80.9	84.0	85.5	6.8	14.3	22.0	4.08	6.81	11.44
150	81.6	84.7	85.8	8.2	16.4	24.8	4.43	7.35	12.20
160	82.1	85.2	86.2	8.9	17.9	27.1	4.59	7.57	12.65
170	83.0	85.7	86.7	9.5	19.3	29.8	4.75	7.84	13.19
180	83.2	85.9	86.8	10.8	20.6	31.4	4.94	7.96	13.34
190	83.4	85.9	87.0	11.5	21.9	32.8	5.12	8.36	13.63
200	84.0	86.4	87.1	12.3	22.8	34.6	5.22	8.44	13.72
250	84.5	87.0	87.0	14.6	28.0	41.7	5.74	9.03	14.35
300	85.4	87.3	87.0	16.5	31.5	46.3	6.04	9.35	14.42
400	86.2	87.6	86.5	19.3	35.9	52.5	6.32	9.65	14.22
500	86.5	87.8	86.1	21.2	38.6	55.9	6.45	9.76	13.93
600	86.8	87.9	86.0	22.1	40.5	58.2	6.57	9.76	13.80
700	87.1	87.7	85.3	23.3	41.8	60.2	6.60	9.80	13.55
800	87.6	87.7	85.0	23.8	43.2	61.4	6.63	9.76	13.43
900	87.6	87.8	84.4	24.6	43.8	62.7	6.66	9.76	13.22
1000	87.7	87.8	84.4	24.9	44.3	63.5	6.70	9.76	13.08
1500	88.3	87.7	83.5	26.7	46.2	66.1	6.69	9.74	12.69
2000	88.9	88.0	83.3	27.5	47.1	67.3	6.66	9.70	12.44
2500	89.3	88.1	82.7	28.3	47.8	68.3	6.59	9.63	12.28
3000	89.7	88.4	82.6	29.0	48.5	68.7	6.55	9.55	12.17
3500	90.3	88.1	82.6	29.5	48.9	69.0	6.48	9.49	12.12
4000	90.5	88.5	82.0	30.0	48.8	69.5	6.44	9.51	12.03
4500	91.1	88.4	82.0	30.3	49.4	69.7	6.38	9.42	11.97
5000	91.1	88.6	81.8	30.6	49.5	69.9	6.36	9.42	11.97
6000	88.9	82.1			49.8	70.1		9.35	11.88
7000	88.9	82.0			50.2	70.3		9.29	11.77
8000	89.2	81.8			50.3	70.4		9.23	11.79
9000	89.4	81.8			50.6	70.6		9.18	11.75
10000	89.8	82.0			50.7	70.6		9.13	11.75
15000	81.9					71.0			11.61
20000	81.9					71.2			11.50

Tab. 4.23

POLÍTICA "NÃO - PERSISTENTE"

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.8	4.8	0.0	0.0	0.0	0.18	0.17	0.18
10	9.9	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.18
15	14.9	14.8	14.9	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
20	20.4	19.8	19.9	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
25	24.4	24.7	24.7	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
30	29.3	30.1	29.8	0.0	0.0	0.0	0.28	0.26	0.28
35	35.0	34.0	34.1	0.0	0.0	0.0	0.29	0.29	0.27
40	39.3	39.5	39.1	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	0.31
45	44.0	44.4	43.6	0.1	0.1	0.2	0.36	0.37	0.55
50	48.4	49.2	48.5	0.2	0.3	0.3	0.41	0.46	0.63
55	54.6	52.9	53.2	0.6	0.4	0.5	0.56	0.60	0.74
60	58.1	57.3	57.3	0.7	0.6	0.8	0.64	0.62	1.03
65	62.3	63.0	60.8	1.1	1.4	1.3	0.72	0.99	1.38
70	65.0	66.5	65.4	1.4	2.1	1.8	0.85	1.15	1.56
75	68.3	70.2	70.5	2.6	3.0	3.7	1.05	1.44	2.40
80	71.2	73.3	73.9	2.9	4.0	5.6	1.11	1.73	3.07
85	75.0	75.0	76.2	4.5	5.5	6.5	1.40	2.06	3.76
90	76.8	78.8	79.5	6.0	7.5	8.7	1.56	2.49	4.11
95	79.4	80.7	81.0	7.2	9.2	10.9	1.71	2.83	4.86
100	81.4	82.1	83.6	9.0	11.1	13.2	1.96	3.18	5.75
110	83.7	85.2	85.6	11.4	14.8	17.0	2.20	3.61	6.74
120	85.6	87.5	87.5	14.4	19.2	20.9	2.44	4.19	7.48
130	87.1	88.5	89.3	17.3	23.0	25.9	2.66	4.65	8.37
140	88.3	89.8	90.4	20.3	26.2	30.2	2.87	4.97	9.02
150	89.4	90.7	91.4	23.0	29.3	33.6	3.06	5.13	9.26
160	89.9	91.3	91.9	25.4	31.8	36.0	3.16	5.44	9.64
170	90.7	91.7	92.3	27.4	34.6	38.9	3.27	5.58	9.96
180	91.3	92.4	92.9	29.9	37.0	41.7	3.34	5.58	9.92
190	91.5	92.8	93.2	30.8	38.8	43.5	3.37	5.65	10.06
200	92.0	93.0	93.5	33.1	40.4	46.2	3.43	5.77	10.07
250	93.2	94.3	94.6	38.9	48.6	54.3	3.55	5.74	9.75
300	93.9	94.9	95.3	43.4	53.9	60.0	3.56	5.63	9.37
400	94.7	95.6	96.0	49.2	60.6	67.5	3.52	5.30	8.52
500	95.2	96.0	96.1	52.8	64.9	72.1	3.46	5.02	7.74
600	95.5	96.2	96.3	55.5	67.5	74.9	3.38	4.80	7.22
700	95.7	96.3	96.4	57.1	69.6	77.1	3.33	4.61	6.78
800	95.9	96.4	96.5	58.4	71.0	78.8	3.28	4.48	6.41
900	96.0	96.5	96.4	59.5	72.2	80.0	3.24	4.34	6.13
1000	96.1	96.5	96.5	60.3	73.2	81.0	3.21	4.26	5.88
1500	96.5	96.8	96.3	62.9	76.0	84.1	3.08	3.91	5.13
2000	96.7	96.8	96.1	64.2	77.4	85.7	3.02	3.75	4.69
2500	96.9	96.8	95.9	65.1	78.3	86.6	2.96	3.44	4.45
3000	97.2	96.9	95.9	65.7	78.9	87.3	2.92	3.55	4.27
3500	97.3	96.9	95.8	66.2	79.3	87.7	2.88	3.51	4.14
4000	97.4	97.0	95.7	66.6	79.6	88.0	2.85	3.45	4.04
4500	97.5	97.0	95.6	66.8	79.9	88.3	2.84	3.42	3.97
5000	97.7	97.0	95.6	67.0	80.1	88.5	2.82	3.39	3.91
6000		97.1	95.5		80.4	88.8		3.35	3.82
7000		97.1	95.4		80.6	89.0		3.31	3.75
8000		97.2	95.3		80.8	89.2		3.28	3.69
9000		97.2	95.3		81.0	89.4		3.25	3.64
10000		97.3	95.3		81.1	89.5		3.23	3.62
15000			95.2			89.8			3.54
20000			95.0			90.0			3.48

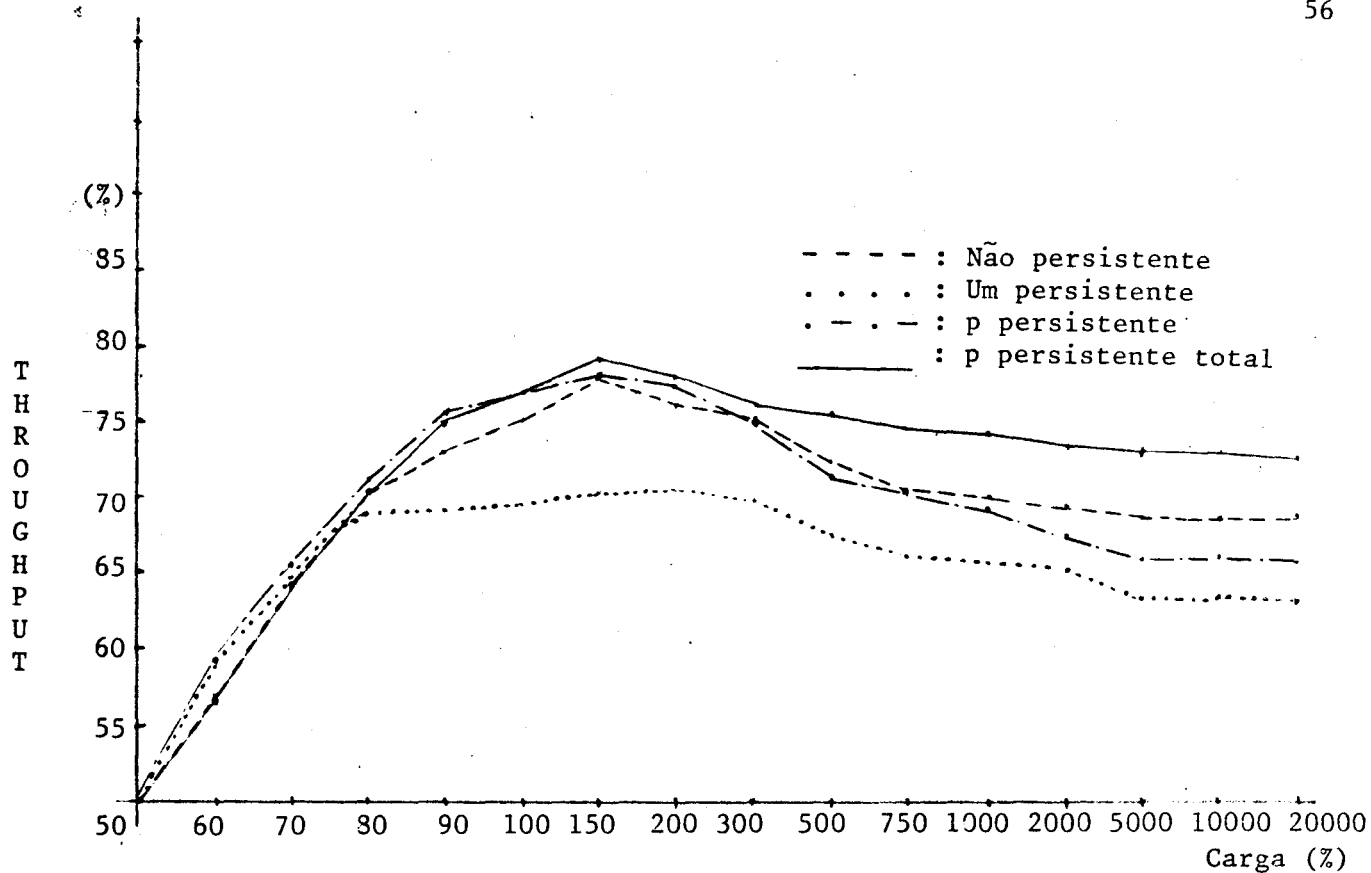


Fig. 4.5 (256 bits e 200 estações)

4-políticas COM reescalamento.

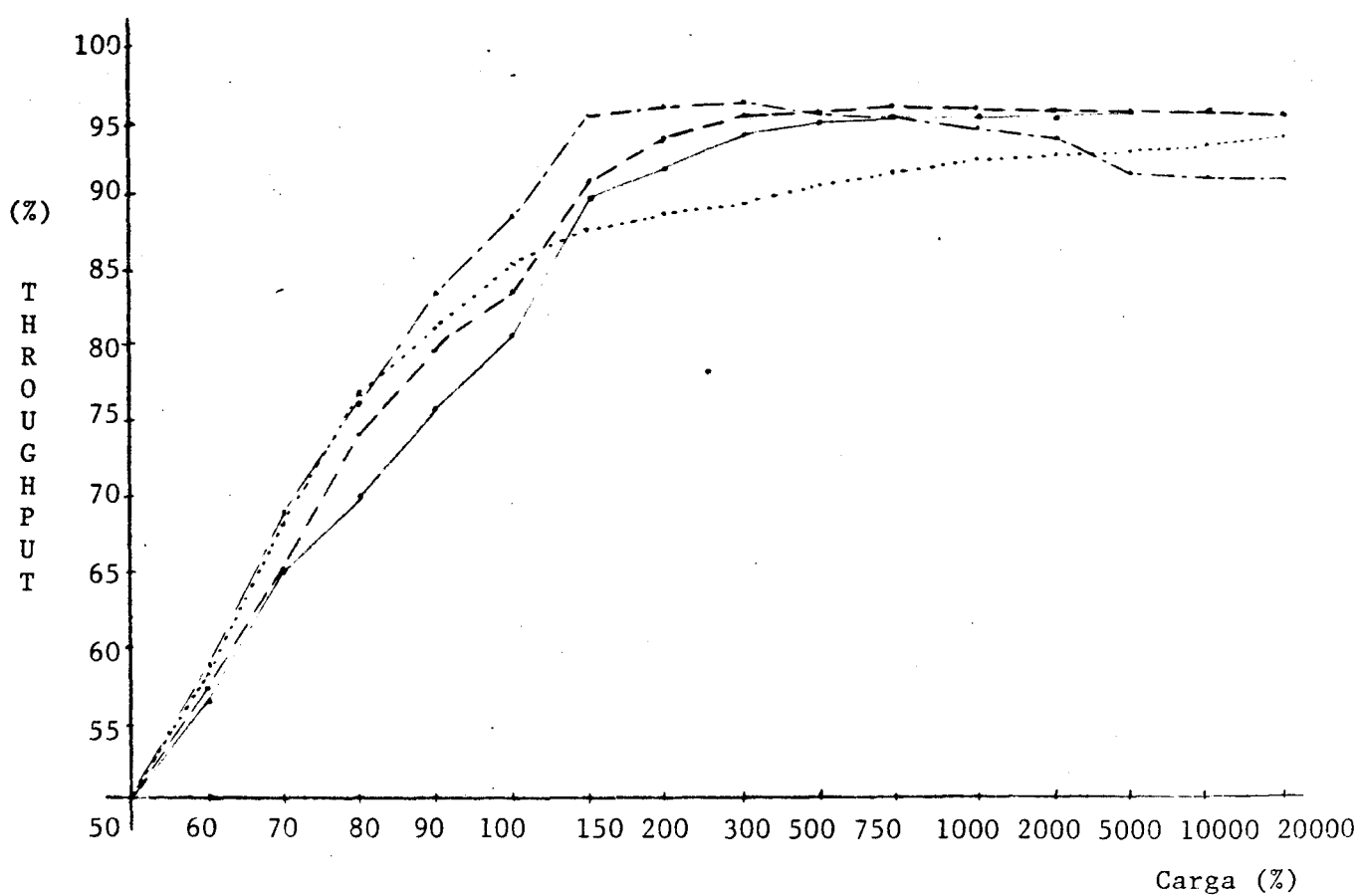


Fig. 4.6 (2048 bits e 200 estações)

4-políticas COM reescalamento.

#### 4.1.3.3.- POLÍTICA "P-PERSISTENTE" (p-exponencial).

Esta política que generaliza a política 1-persistente, tenta evitar uma possível colisão imediatamente após a transmissão. Os valores correspondentes ao esquema exponencial desta política estão nas tabelas 4.4, 4.5 e 4.6.

Esta política também apresenta instabilidade para os 3 tamanhos de pacotes quando o número de estações é grande (100 e 200 estações). A queda no throughput chega aos 12 % para pacotes de 256 bits, 8 % para pacotes de 512 bits e 5 % para pacotes de 2048 bits. O atraso médio normalizado é inversamente proporcional ao tamanho do pacote e proporcional ao número de estações. A proporção de pacotes abortados é alta para compensar o atraso pequeno.

#### 4.1.3.4.- POLÍTICA "P-PERSISTENTE TOTAL" (p-exponencial).

As tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 mostram os resultados escolhidos para a comparação com as demais políticas. Esta política proposta teve como objetivo dar prioridade aos pacotes que estão tentando transmitir (persistentes) e não sofreram colisão.

A instabilidade desta política proposta, é pequena e apenas para pacotes de 256 e 512 bits com 200 estações. A queda de throughput é de 5 % para pacotes de 256 bits, e de aproximadamente 1.5 % nos pacotes de 512 bits. O tempo médio de resposta para esta política é um pouco alto devido a uma proporção muito pequena de pacotes abortados.

#### 4.2.- POLÍTICAS SEM ALGORITMO DE REESCALONAMENTO.

Para esta política foi desenvolvido um modelo teórico para determinar o número de slots dedicados à resolução de colisões antes de se iniciar uma transmissão com sucesso.

##### 4.2.1.- MODELO MATEMÁTICO.

Este modelo desenvolvido comprova a eficiência dos esquemas propostos que utilizam a probabilidade  $p_2 = 1/2$  durante o período de resolução de colisões.

Seja  $X_N$  o número de slots utilizados na resolução de colisões quando "N" estações colidem simultaneamente.  $X_N$  pode ser maior do que número total de slots de colisões já que pode haver ociosidade (se a probabilidade  $p_2 = 1/2$  não favorece nenhum pacote) durante a resolução de colisões.

Queremos encontrar a distribuição e a esperança de  $X_N$ ,  $E\{X_N\}$ .

Seja  $p_{n,k}$  a probabilidade de "k" estações tentando transmitir quando há "n" estações prontas para transmitir durante o período de resolução de colisões. Nesse período uma estação transmite com probabilidade  $(p_2) = 1/2$  (seções 3.1.2.2 e 3.1.2.3). Então

$$p_{n,k} = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} = \binom{n}{k} (1/2)^n$$

Na 1a. tentativa "N" estações estão prontas para transmitir então:

$$E\{X_N\} = 1 \cdot p_{N,1} + \sum_{j=2}^N p_{N,j} (1 + E\{X_j\}) + p_{N,0} (1 + E\{X_N\}) \quad (1)$$

O 1o. termo corresponde ao caso em que apenas uma estação transmite e nesse caso  $X_N = 1$ ; o último termo corresponde ao caso que nenhuma estação transmite, introduzindo um slot de ociosidade.

A expressão recursiva para  $E\{X_N\}$  se justifica devido ao fato de que tentativas sucessivas são independentes entre si. Se "j" estações colidem ( $2 \leq j \leq N$ ) então na próxima tentativa apenas as "j" estações que colidem continuam a participar da resolução de colisões. Dai a razão do termo  $1 + E\{X_j\}$ .

Rearrmando (1) obtemos

$$\begin{aligned} E\{X_N\} &= p_{N,1} + \sum_{j=2}^{N-1} p_{N,j} (1 + E\{X_j\}) + (p_{N,N} + p_{N,0})(1 + E\{X_N\}) = \\ &= \sum_{j=0}^N p_{N,j} + \sum_{j=2}^{N-1} p_{N,j} E\{X_j\} + (p_{N,N} + p_{N,0}) E\{X_N\} \end{aligned}$$

Como:

$$p_{N,N} = p_{N,0} = (1/2)^N, \quad p_{N,1} = N(1/2)^N \quad e \quad \sum_{j=0}^N p_{N,j} = 1$$

$$E\{X_n\} = \frac{1 + \sum_{j=2}^{N-1} \binom{N}{j} (1/2)^N E\{X_j\}}{1 - (1/2)^{N-1}} \quad (2)$$

$E\{X_2\}$  pode ser obtido diretamente:

$$E\{X_2\} = p_{2,1} + (p_{2,0} + p_{2,2})(1 + E\{X_2\})$$

$$\therefore E\{X_2\} = 1 / (1 - (1/2)) = 2$$

A distribuição de  $X_2$  também pode ser obtida diretamente, já que com 2 estações elas tentarão continuamente até resolver a colisão:

$$P\{X_2=k\} = (1 - p_{2,1})^{k-1} p_{2,1} = (1/2)^{k-1} (1/2) = (1/2)^k$$

A função geradora

$$U(z) = \sum_{k=1}^{\infty} P\{X_2 = k\} \cdot z^k$$

Obtem-se facilmente

$$U(z) = (z/2) / (1 - (z/2)) \quad e$$

$$U'(z) = (1/2) / (1 - (z/2))$$

$$\text{como } E\{X_2\} = U'(1) = E\{X_2\} = (1/2) / (1/4) = 2$$

conforme esperado.

A equação (2) permite obter  $E\{X_N\}$  de forma iterativa.  
Alguns valores:

$$E\{X_2\} = 2$$

$$E\{X_3\} = 7/3$$

$$E\{X_4\} = 8/3$$

$$E\{X_5\} = 133/45$$

Alguns valores grandes de "N" e seu  $E\{X_N\}$  correspondente estão na tab. 4.2.1. Os primeiros valores de  $E\{X_N\}$  sugerem um crescimento linear com "N" e um bom palpite para uma cota superior para  $E\{X_N\}$  parece ser "N". Para  $N = 3, 4$  e  $5$ , temos de fato  $E\{X_N\} < N$  obtendo igualdade para  $E\{X_2\}$ .

Vamos provar por indução que isto de fato é verdadeiro.  
Suponhamos que para

$$j = 3..N-1, \quad E\{X_j\} < j$$

Então de (2) se segue que:

$$E\{X_N\} < \frac{1 + \sum_{j=2}^{N-1} p_{N,j} \cdot j}{1 - (1/2)^{N-1}}$$

Como  $\sum_{j=0}^N p_{N,j} \cdot j = N/2$  obtemos

$$\sum_{j=2}^{N-1} p_{N,j} \cdot j = N/2 - (1/2)^N - N(1/2)^{N-1} - (1/2)^N \quad \text{logo}$$

$$E\{X_N\} < \frac{1 + N/2 - (1/2)^{N-1} - N(1/2)^{N-1}}{1 - (1/2)^{N-1}} <$$

$$< \frac{1 + N/2 - N(1/2)^{N-1}}{1 - (1/2)^{N-1}} < N$$

A última desigualdade se verifica facilmente por contradição. A expressão acima sugere uma cota superior ainda mais apertada para  $E\{X_N\}$ , isto é,

$$E\{X_N\} < 1 + N/2$$

que vale para  $E\{X_3\}$ ,  $E\{X_4\}$  e  $E\{X_5\}$ . A prova segue-se novamente por indução e de forma análoga. Suponha

$$E\{X_j\} < 1 + j/2 \quad j = 3, 4, \dots, N-1$$

então

$$E\{X_N\} < \frac{1 + \sum_{j=2}^{N-1} p_{N,j} (1 + j/2)}{1 - (1/2)^{N-1}} \quad \text{mas}$$

$$\sum_{j=2}^{N-1} p_{N,j} (1 + j/2) = \sum_{j=0}^N p_{N,j} (1 + j/2) - p_{N,0} - p_{N,1} (1 + 1/2) - p_{N,N} (1 + N/2) =$$

$$= 1 + (1/2)(N/2) - (1/2)^N - N(1/2)^N (3/2) - (1/2)^N (1 + N/2) =$$

$$= 1 + N/4 - (1/2)^{N-1} - N(1/2)^N (3/2 + 1/2)$$



onde a última desigualdade se verifica novamente por contradição.

O resultado  $E\{X_N\} < 1 + N/2$  para  $N \geq 3$  é notável se comparado com a política em que todas as estações tentam sucessivamente até a colisão se resolver. Nesse caso

$$P\{X_N = k\} = (1 - p_{N,1})^{k-1} \cdot p_{N,1}$$

e é fácil verificar que

$$E\{X_N\} = \frac{1}{p_{N,1}} = \frac{1}{N(1/2)^N} = \frac{2^N}{N}$$

cresce exponencialmente com "N"

Para  $N \leq 4$ , o esquema adotado para resolução de colisões fica dentro de 10 % do "esquema do P-ótimo". Os valores de  $E\{X_N\}$  para N variando de 2 a 50, 64 e 128, aparecem na tabela 4.2.1 juntamente com os valores obtidos com a política do "P-ótimo" [METCALFE 76, ALMES 79] em que

$$E\{X_N\} = 1/((1-1/N)^{*(N-1)})$$

É interessante observar que este valor tende a "e" quando N tende a infinito, o que mostra a estabilidade do esquema "P-ótimo". Esta tabela mostra que os valores de  $E\{X_N\}$  para o esquema adaptativo proposto, são ainda menores do que o afirmado em (3).

N	1/2	1/N	N	1/2	1/N
2	2.00	2.00	3	2.33	2.25
4	2.67	2.37	5	2.96	2.44
6	3.20	2.49	7	3.41	2.52
8	3.59	2.55	9	3.75	2.57
10	3.89	2.58	11	4.02	2.59
12	4.14	2.60	13	4.25	2.61
14	4.36	2.62	15	4.45	2.63
16	4.54	2.63	17	4.63	2.64
18	4.71	2.64	19	4.79	2.65
20	4.86	2.65	21	4.93	2.65
22	4.99	2.66	23	5.05	2.66
24	5.11	2.66	25	5.17	2.66
26	5.23	2.67	27	5.28	2.67
28	5.33	2.67	29	5.38	2.67
30	5.43	2.67	31	5.48	2.67
32	5.52	2.68	33	5.57	2.68
34	5.61	2.68	35	5.65	2.68
36	5.69	2.68	37	5.73	2.68
38	5.77	2.68	39	5.80	2.68
40	5.84	2.68	41	5.88	2.69
42	5.91	2.69	43	5.94	2.69
44	5.98	2.69	45	6.01	2.69
46	6.04	2.69	47	6.07	2.69
48	6.10	2.69	49	6.13	2.69
50	6.16	2.69			
64	6.51	2.70			
128	7.51	2.71			

Tab. 4.2.1 -  $E\{X_N\}$  (adaptativo (1/2) e ótimo(1/N))

A esperança do número total de colisões  $Y_N$  pode ser obtida de forma análoga à equação (1):

$$E\{Y_N\} = 1 \cdot p_{N,1} + \sum_{j=2}^N p_{N,j} (1 + E\{Y_j\}) + p_{N,0} E\{Y_j\} \quad (1)'$$

e daí

$$E\{Y_N\} = \frac{1 - (1/2)^N + \sum_{j=2}^{N-1} \binom{N}{j} (1/2)^N E\{Y_j\}}{1 - (1/2)^{N-1}} \quad (2)'$$

OBS: Uma expressão recursiva para a distribuição de  $X_n$  também pode ser obtida. A partir desta expressão, podemos demonstrar facilmente a validade da fórmula (2).

$$\text{Seja: } P\{X_n\} = k = q_{n,k} \quad \therefore \quad q_{N,1} = p_{N,1} = n(1/2)^n$$

$$\text{então } q_{n,k} = \sum_{j=2}^n p_{n,j} q_{j,k-1} + p_{n,0} q_{n,k-1}, \quad k > 2, n > 2$$

A distribuição do número de tentativas que uma estação realiza até a sua transmissão está calculado da seguinte maneira:

Seja "Z" o número de tentativas probabilísticas de uma estação até a mesma tentar acessar fisicamente o barramento. "Z" segue uma distribuição geométrica:

$$P\{Z=k\} = (1-p_1)^{k-1} p_1, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

$$E\{Z\} = 1/p_1$$

Se  $p_1 = 1/N$  então  $E\{Z\} = N$ . Se K é o limite de tentativas para aborto, então a probabilidade de aborto é dada por

$$P\{Z > K\} = \sum_{j=K+1}^{\infty} (1-p_1)^{j-1} p_1 = (1-p_1)^K \quad (4)$$

Um valor aproximado para esta probabilidade para N grande ( $N \gg 50$ ) e  $p_1 = 1/N$  pode ser obtida da aproximação

$$(1 - 1/N)^N \cong 1/e,$$

então, se  $K = j \cdot N$

$$P\{Z > K\} \cong (1 - 1/N)^{jN} = (1/e)^j$$

o que permite escolher o número tentativas  $K$  dada uma probabilidade de aborto predeterminada.

OBS: O "atraso médio" (AM) para cargas máximas é aproximadamente igual ao número médio de tentativas multiplicado pelo tempo de transmissão do pacote mais o tempo de contenção.

$$AM \cong K * (T + C) \quad (5)$$

#### 4.2.2.- RESULTADOS DA POLÍTICA "SEM REESCALONAMENTO".

A seguir são mostradas as tabelas dos valores obtidos para os 3 esquemas de cálculo da probabilidade " $p_1$ " (3.1.2). Os resultados do esquema ótimo (tab 4.25, 4.26 e 4.27) são mostrados para servir como referência à análise da política proposta com os 2 esquemas apresentados: adaptativo à carga (tab 4.28, 4.29 e 4.30) e o esquema cuja probabilidade " $p_1$ " depende do número de estações -  $p_1 = 2/N$ , seção 3.1.2.3 - (tab 4.31, 4.32 e 4.33).

Nas tabelas apresentadas (4.25 a 4.33) o número de tentativas após o qual os pacotes são abortados está limitado pelo número de estações (50, 100 e 200). Quando cada estação

coloca 100 % de carga na rede, o critério pode ter outra interpretação: se uma estação tiver "N" tentativas fracassadas, é equivalente a dizer que aconteceram "N" ciclos. 1 ciclo está definido como "um período de resolução de colisões mais a transmissão resultante" |TOBAGI 80|

Os valores obtidos nos 2 esquemas propostos (4.28 a 4.33) ("p1" adaptativo à carga e  $p1 = 2/N$ ) se aproximam bastante aos valores do esquema ótimo. Principalmente quando os pacotes são grandes (tab 4.27, 4.30 e 4.33, e figs. 4.7 e 4.8), as diferenças com relação ao throughput (durante cargas máximas) são pouco significativas (98, 96.3 % e 96.9), enquanto que o "atraso médio normalizado" e a "proporção de pacotes abortados" apresentam valores praticamente idênticos. Como pode ser observado, a proporção de pacotes abortados independe do número de estações e do tamanho do pacote. O atraso é, logicamente, proporcional ao número de estações na rede e independente do tamanho do pacote.

Nas tabelas acima a limitação foi o número de estações; se desejarmos que para uma certa aplicação da rede não existam pacotes abortados, com esta política podemos atingir este objetivo simplesmente retirando o limite do "número de tentativas". Os atrasos medidos para obter uma proporção nula de pacotes abortados quando todas as estações colocam carga de

100 % na rede estão na tabela abaixo (os valores completos estão no apêndice na tabela A.1):

	50	100	200
256 bits	10.5	21.0	42.6 ms
512 bits	9.5	19.0	37.8 ms
2048 bits	8.6	17.2	34.2 ms

Tab. 4.34 - Atraso (ms) com proporção nula de pacotes abortados.

É importante ressaltar, que o atraso da tab 4.34 foi obtido, mantendo o mesmo "throughput" da tabela 4.30 (p-adaptativo) (vide tab. A.1) ou seja mantendo a estabilidade da rede que é um dos objetivos da rede Ethernet.

Se por outro lado, a aplicação da rede exige um tempo de resposta pequeno, basta limitar num valor pequeno, o número de tentativas que uma estação pode realizar.

PACOTES 256 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.7	9.6	9.6	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	14.8	15.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.18	0.19	0.18
20	20.3	19.9	20.3	0.0	0.0	0.0	0.20	0.19	0.19
25	24.6	25.2	24.6	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	30.0	29.8	29.4	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
35	35.1	35.1	34.6	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
40	39.1	40.4	39.5	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.24
45	44.9	45.1	44.7	0.0	0.0	0.0	0.25	0.26	0.26
50	48.9	49.6	49.3	0.0	0.0	0.0	0.27	0.28	0.28
55	54.2	53.9	53.4	0.0	0.0	0.0	0.29	0.31	0.31
60	59.3	58.7	58.9	0.0	0.0	0.0	0.34	0.35	0.36
65	63.4	63.7	64.0	0.0	0.0	0.0	0.39	0.39	0.44
70	67.4	68.6	68.9	0.0	0.0	0.0	0.43	0.47	0.49
75	72.6	72.2	72.8	0.0	0.0	0.0	0.54	0.59	0.61
80	75.5	77.4	75.9	0.0	0.0	0.0	0.67	0.71	0.78
85	80.0	80.1	80.6	0.0	0.0	0.0	0.85	0.94	1.24
90	81.6	83.5	84.6	0.1	0.0	0.0	0.96	1.57	2.45
95	83.9	84.7	84.9	0.1	0.1	0.0	1.17	2.01	4.03
100	85.5	85.4	84.9	0.4	0.4	0.1	1.55	3.09	5.09
110	85.9	85.4	85.1	1.4	1.4	0.9	2.21	4.44	8.38
120	85.9	85.5	84.9	3.4	3.3	2.5	2.87	5.60	10.29
130	85.7	85.5	85.1	6.0	5.0	4.9	3.37	6.34	12.60
140	85.6	85.3	84.9	8.0	8.0	8.0	3.64	7.27	14.22
150	85.6	85.3	84.8	10.6	9.7	8.8	3.98	7.75	15.00
160	85.7	85.5	85.2	12.5	11.9	11.3	4.22	8.18	16.08
170	85.7	85.6	85.2	14.3	13.4	13.2	4.41	8.66	16.75
180	85.6	85.4	85.1	14.9	14.8	14.4	4.54	8.87	17.37
190	85.7	85.4	85.2	16.4	15.7	16.0	4.64	9.20	18.02
200	85.5	85.4	85.1	17.4	17.4	16.9	4.81	9.44	18.35
250	85.7	85.3	85.1	22.2	21.8	21.4	5.17	10.18	20.38
300	85.6	85.4	85.3	25.0	24.9	24.3	5.39	10.68	21.22
400	85.7	85.5	85.3	28.3	27.6	27.7	5.68	11.29	22.30
500	85.7	85.6	85.5	30.1	29.7	29.4	5.82	11.52	22.79
600	85.8	85.8	85.4	31.5	30.9	30.6	5.90	11.72	23.26
700	85.8	85.9	85.5	32.1	31.8	31.7	5.97	11.81	23.43
800	85.7	85.8	85.4	32.7	32.5	32.0	6.04	11.92	23.79
900	85.6	85.6	85.6	33.5	33.2	32.5	6.06	12.02	23.86
1000	85.7	85.7	85.3	33.7	33.5	33.1	6.08	12.05	24.07
1500	85.7	85.7	85.6	34.6	34.3	34.0	6.18	12.27	24.42
2000	85.8	85.7	85.6	35.5	35.3	34.8	6.18	12.27	24.48
2500	85.7	85.6	85.5	35.6	35.6	35.2	6.23	12.34	24.55
3000	85.7	85.6	85.5	35.9	35.5	35.3	6.23	12.43	24.67
3500	86.0	85.7	85.6	36.2	35.8	35.4	6.20	12.39	24.71
4000	85.7	85.7	85.6	36.2	35.8	35.7	6.24	12.43	24.45
4500	85.7	85.8	85.4	36.3	36.0	35.8	6.24	12.42	24.76
5000	85.8	85.6	85.7	36.5	36.1	35.7	6.22	12.45	24.75
6000	85.8	85.7		36.1	35.7		12.44	24.79	
7000	85.6	85.4		36.3	35.8		12.46	24.94	
8000	85.7	85.3		36.2	36.1		12.48	24.81	
9000	85.6	85.5		36.2	36.1		12.51	24.81	
10000	85.7	85.8		36.4	36.1		12.46	24.75	
15000		85.5			36.2			24.87	
20000		85.6			36.2			24.87	

Tab. 4.25

PACOTES 512 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.5	9.8	9.6	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.1	14.9	14.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.18	0.18
20	19.8	20.2	19.6	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	25.1	25.2	25.2	0.0	0.0	0.0	0.19	0.20	0.20
30	29.8	29.4	29.3	0.0	0.0	0.0	0.21	0.20	0.20
35	34.9	35.1	34.5	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
40	39.3	39.8	39.3	0.0	0.0	0.0	0.23	0.22	0.23
45	44.7	44.8	44.1	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25
50	49.2	49.7	49.7	0.0	0.0	0.0	0.26	0.26	0.26
55	54.0	54.8	54.5	0.0	0.0	0.0	0.27	0.29	0.29
60	59.1	59.2	57.9	0.0	0.0	0.0	0.30	0.32	0.32
65	63.5	63.9	63.7	0.0	0.0	0.0	0.33	0.35	0.35
70	66.9	67.9	68.7	0.0	0.0	0.0	0.39	0.39	0.40
75	72.1	72.3	73.0	0.0	0.0	0.0	0.41	0.44	0.46
80	77.5	77.6	78.8	0.0	0.0	0.0	0.51	0.52	0.66
85	81.5	82.9	82.4	0.0	0.0	0.0	0.60	0.76	0.77
90	84.5	85.5	85.7	0.0	0.0	0.0	0.74	1.01	1.09
95	88.2	88.2	88.8	0.0	0.0	0.0	0.98	1.29	1.57
100	89.8	90.7	91.0	0.2	0.0	0.0	1.12	1.66	2.85
110	91.8	91.9	91.4	0.8	0.5	0.3	1.69	3.11	6.00
120	92.1	92.0	91.4	2.3	1.6	1.3	2.32	4.35	8.14
130	92.3	91.9	91.5	3.9	3.7	3.6	2.82	5.41	10.66
140	92.1	91.9	91.6	5.5	5.5	5.3	3.07	6.08	11.77
150	92.1	92.0	91.6	7.6	7.8	6.5	3.42	6.71	12.88
160	92.2	92.1	91.7	9.9	9.9	8.5	3.69	7.18	13.74
170	92.2	92.1	91.5	11.4	10.7	10.2	3.85	7.41	14.45
180	92.1	91.9	91.7	13.6	12.8	12.1	4.05	7.97	15.45
190	92.3	92.1	91.8	14.5	14.2	13.6	4.14	8.19	16.00
200	92.1	92.1	91.8	16.4	15.8	15.6	4.28	8.40	16.58
250	92.1	92.1	91.8	20.8	21.0	19.8	4.74	9.31	18.38
300	92.3	92.0	91.9	24.3	23.8	23.3	4.98	9.76	19.32
400	92.3	92.2	92.0	27.4	27.1	26.8	5.23	10.35	20.39
500	92.3	92.2	91.9	29.7	29.4	28.8	5.37	10.61	21.08
600	92.3	92.3	91.9	30.8	30.6	30.2	5.47	10.82	21.50
700	92.3	92.2	92.0	31.7	31.6	31.3	5.54	10.96	21.72
800	92.4	92.2	92.0	32.5	32.4	32.0	5.57	11.03	21.93
900	92.3	92.2	92.1	33.3	32.9	32.5	5.59	11.12	22.03
1000	92.3	92.2	92.2	33.7	33.2	32.7	5.62	11.18	22.18
1500	92.2	92.2	92.1	34.7	34.2	34.3	5.71	11.38	22.45
2000	92.3	92.3	92.2	35.4	34.8	34.6	5.74	11.44	22.70
2500	92.4	92.1	92.1	35.6	35.4	35.0	5.77	11.48	22.84
3000	92.3	92.3	92.1	35.7	35.6	35.3	5.79	11.49	22.85
3500	92.3	92.2	92.3	36.1	35.7	35.5	5.78	11.53	22.86
4000	92.3	92.3	92.1	36.2	35.8	35.7	5.79	11.54	22.88
4500	92.3	92.3	92.3	36.3	36.1	35.6	5.79	11.52	22.95
5000	92.4	92.3	92.3	36.3	35.8	35.6	5.80	11.58	23.00
6000	92.2	92.4		36.1	35.7		11.58	22.98	
7000	92.2	92.3		36.4	35.9		11.55	23.01	
8000	92.2	92.3		36.3	36.0		11.58	23.02	
9000	92.3	92.4		36.2	36.0		11.60	23.02	
10000	92.4	92.2		36.3	36.1		11.59	23.06	
15000		92.2			36.2			23.08	
20000		92.2			36.4			23.07	

Tab. 4.26  
política "SEM REESCALONAMENTO" (Gráfico)

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.7	9.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	14.8	14.9	15.0	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.1	19.9	19.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	24.9	24.9	25.2	0.0	0.0	0.0	0.19	0.20	0.20
30	29.8	30.2	29.8	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
35	34.8	34.3	34.8	0.0	0.0	0.0	0.22	0.21	0.22
40	39.4	39.6	40.2	0.0	0.0	0.0	0.22	0.23	0.23
45	44.6	44.4	44.4	0.0	0.0	0.0	0.23	0.24	0.24
50	49.4	49.0	48.4	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25
55	53.8	54.4	53.9	0.0	0.0	0.0	0.26	0.27	0.27
60	60.4	60.1	59.0	0.0	0.0	0.0	0.29	0.31	0.30
65	63.9	63.4	63.3	0.0	0.0	0.0	0.32	0.33	0.32
70	69.1	69.1	68.4	0.0	0.0	0.0	0.36	0.36	0.36
75	71.6	72.3	73.8	0.0	0.0	0.0	0.38	0.40	0.41
80	77.1	78.9	76.9	0.0	0.0	0.0	0.44	0.50	0.47
85	81.3	82.1	83.6	0.0	0.0	0.0	0.51	0.56	0.67
90	85.4	86.2	87.7	0.0	0.0	0.0	0.61	0.70	0.93
95	89.0	90.4	91.4	0.0	0.0	0.0	0.68	0.88	1.04
100	91.0	94.0	94.6	0.0	0.0	0.0	0.82	1.24	1.61
110	95.7	96.4	96.9	0.2	0.1	0.1	1.22	2.07	4.01
120	97.3	97.5	97.0	1.2	0.8	0.4	1.83	3.33	6.09
130	97.8	97.6	97.1	2.5	1.9	1.5	2.26	4.38	8.22
140	97.8	97.6	97.2	3.8	3.5	3.3	2.58	5.05	9.88
150	97.8	97.5	97.2	4.2	4.1	5.6	2.95	5.82	11.30
160	97.8	97.6	97.2	7.5	7.3	7.5	3.22	6.22	12.20
170	97.8	97.6	97.3	9.6	9.3	9.0	3.41	6.69	13.19
180	97.8	97.6	97.3	11.3	10.5	10.4	3.65	6.97	13.72
190	97.8	97.6	97.3	13.0	13.0	11.6	3.77	7.50	14.49
200	97.8	97.6	97.4	14.4	14.6	13.7	3.90	7.75	15.13
250	97.9	97.7	97.5	19.8	19.6	18.8	4.35	8.60	16.80
300	97.9	97.7	97.7	23.1	22.3	22.1	4.62	9.05	17.79
400	97.9	97.7	97.6	26.9	26.7	26.1	4.90	9.68	19.08
500	97.9	97.8	97.7	29.3	28.6	28.4	5.03	9.94	19.75
600	97.9	97.8	97.7	30.5	30.3	29.8	5.12	10.15	20.13
700	97.9	97.8	97.7	31.8	31.2	30.7	5.17	10.29	20.43
800	97.9	97.8	97.8	32.5	32.1	31.5	5.22	10.35	20.60
900	97.9	97.9	97.8	33.0	32.5	32.0	5.27	10.47	20.75
1000	97.9	97.9	97.8	33.1	32.8	32.7	5.31	10.51	20.85
1500	97.9	97.9	97.8	34.9	34.1	33.8	5.35	10.69	21.25
2000	97.9	97.9	97.9	35.4	35.1	34.6	5.41	10.73	21.37
2500	97.9	97.9	97.8	35.6	35.2	34.9	5.44	10.82	21.47
3000	97.9	97.9	97.9	36.0	35.5	35.2	5.43	10.84	21.52
3500	97.9	97.9	97.9	36.1	35.8	35.4	5.45	10.84	21.56
4000	98.0	97.9	97.9	36.2	35.7	35.6	5.45	10.89	21.55
4500	97.9	97.9	97.9	36.2	36.1	35.6	5.47	10.86	21.61
5000	98.0	97.9	97.9	36.2	36.0	35.6	5.47	10.89	21.65
6000		97.9	97.9		36.3	36.1		10.87	21.59
7000		97.9	97.9		36.3	35.9		10.90	21.67
8000		97.9	97.9		36.4	36.1		10.88	21.65
9000		97.9	97.9		36.4	36.0		10.91	21.71
10000		97.9	97.9		36.4	36.0		10.92	21.74
15000			98.0			36.2			21.74
20000			97.9			36.0			21.83

PACOTES 256 bits									
carga (%)	THROUGHPUT (%)			ABORTADOS (%)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	5.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
10	9.8	9.8	9.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.18
15	15.1	15.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.2	19.9	20.1	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
25	24.5	24.6	24.8	0.0	0.0	0.0	0.21	0.22	0.22
30	30.0	29.6	29.5	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.24
35	34.3	34.7	34.4	0.0	0.0	0.0	0.24	0.25	0.25
40	39.4	39.5	39.4	0.0	0.0	0.0	0.27	0.27	0.27
45	44.4	44.2	44.0	0.0	0.0	0.0	0.29	0.29	0.31
50	49.3	49.0	49.2	0.0	0.0	0.0	0.32	0.33	0.34
55	53.3	53.5	53.7	0.0	0.0	0.0	0.37	0.39	0.40
60	56.9	58.2	58.0	0.0	0.0	0.0	0.40	0.45	0.48
65	62.7	63.1	63.5	0.0	0.0	0.0	0.52	0.67	0.78
70	65.8	66.8	68.0	0.0	0.0	0.0	0.61	0.84	1.44
75	70.1	70.4	68.1	0.0	0.0	0.0	0.77	1.40	3.53
80	72.7	72.0	67.0	0.0	0.0	0.1	0.95	1.95	7.05
85	74.5	71.7	67.2	0.1	0.5	0.7	1.32	4.34	9.51
90	76.3	71.7	67.5	0.5	1.0	1.4	1.80	4.92	11.23
95	76.0	71.7	68.2	1.2	2.2	2.7	2.33	6.02	13.28
100	76.3	72.0	68.5	2.1	3.5	3.8	2.74	6.77	14.60
110	76.4	72.5	69.8	3.8	5.0	5.4	3.36	7.55	15.78
120	76.6	73.3	70.5	6.3	7.9	7.9	3.85	8.35	17.26
130	77.0	74.0	71.6	8.9	9.2	10.1	4.22	8.80	18.57
140	77.2	74.3	72.2	10.7	11.0	12.3	4.45	9.25	19.53
150	77.3	75.1	72.5	12.7	13.1	13.9	4.71	9.67	19.99
160	77.5	75.5	72.8	14.2	14.6	15.3	4.92	10.08	20.83
170	77.8	75.7	73.8	15.9	16.4	16.3	5.09	10.33	21.25
180	78.1	75.9	74.0	17.1	17.0	17.6	5.20	10.52	21.72
190	78.3	76.6	74.3	19.0	18.5	18.5	5.35	10.73	22.01
200	78.1	76.6	74.3	19.2	19.8	19.7	5.42	10.97	22.39
250	78.9	77.5	75.1	23.7	23.4	23.1	5.72	11.62	23.72
300	79.0	77.3	75.9	25.8	25.9	26.0	5.92	12.03	24.28
400	79.5	77.9	75.9	29.0	28.6	28.4	6.17	12.46	25.48
500	79.5	78.5	76.4	30.6	30.6	30.3	6.31	12.63	25.83
600	79.6	78.3	76.7	31.8	31.7	31.3	6.40	12.87	26.04
700	79.5	78.5	77.1	32.7	32.1	32.0	6.44	13.03	26.23
800	79.4	78.3	77.1	32.8	32.9	32.6	6.53	13.09	26.39
900	79.7	78.1	76.8	33.6	33.5	33.1	6.53	13.19	26.68
1000	79.2	78.4	77.0	34.1	33.8	33.2	6.58	13.21	26.73
1500	79.5	78.6	77.3	34.9	34.7	34.3	6.67	13.37	26.99
2000	79.8	78.5	77.2	35.6	35.1	34.8	6.64	13.46	27.18
2500	79.5	78.5	77.3	35.8	35.5	35.2	6.70	13.51	27.21
3000	79.7	78.7	77.7	36.1	35.8	35.4	6.69	13.48	27.11
3500	79.8	78.5	77.5	36.4	35.8	35.6	6.67	13.56	27.20
4000	79.6	78.6	77.3	36.5	35.9	35.6	6.70	13.56	27.36
4500	79.5	78.7	77.6	36.4	36.1	35.7	6.72	13.54	27.29
5000	79.6	78.6	77.2	36.6	36.1	35.7	6.70	13.57	27.46
6000	78.5	77.6		36.2	35.7		13.60	27.40	
7000	78.5	77.7		36.2	35.8		13.61	27.39	
8000	78.7	77.8		36.3	36.1		13.58	27.27	
9000	78.5	77.7		36.3	36.1		13.61	27.32	
10000	78.7	77.7		36.4	36.3		13.59	27.24	
15000		77.4			36.3			27.40	
20000		77.4			36.4			27.40	

Tab. 4.28

PACOTES 512 bits									
carga (%)	THROUGHPUT (%)			ABORTADOS (%)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.9	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.18	0.17
10	10.1	9.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	14.7	14.7	15.3	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.2	20.1	20.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.19
25	24.6	24.3	23.9	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
30	29.9	29.8	29.9	0.0	0.0	0.0	0.22	0.21	0.22
35	34.8	34.7	34.5	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
40	39.5	39.0	38.7	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.25
45	43.9	45.0	44.4	0.0	0.0	0.0	0.25	0.27	0.26
50	49.9	49.4	49.1	0.0	0.0	0.0	0.28	0.29	0.28
55	53.8	52.9	53.8	0.0	0.0	0.0	0.32	0.31	0.31
60	58.6	58.5	58.4	0.0	0.0	0.0	0.33	0.36	0.36
65	63.3	62.4	64.7	0.0	0.0	0.0	0.38	0.40	0.46
70	67.2	68.1	67.6	0.0	0.0	0.0	0.46	0.49	0.55
75	72.2	72.4	72.7	0.0	0.0	0.0	0.55	0.60	0.68
80	75.5	76.9	76.8	0.0	0.0	0.0	0.67	0.84	1.04
85	78.9	80.8	79.9	0.0	0.0	0.0	0.72	1.12	2.50
90	82.5	82.7	80.5	0.1	0.0	0.1	1.01	1.79	4.99
95	84.4	83.3	80.1	0.2	0.1	0.2	1.23	2.29	6.14
100	85.5	83.2	79.9	0.4	0.5	0.4	1.53	3.55	7.35
110	86.3	83.4	80.8	1.4	2.1	2.4	2.19	5.81	10.81
120	86.4	83.8	81.5	3.2	3.7	4.3	2.78	5.92	12.32
130	86.6	83.9	82.1	5.5	6.1	6.3	3.25	6.75	13.63
140	86.7	84.7	82.6	7.7	7.9	7.7	3.56	7.28	14.89
150	87.0	84.9	82.9	9.4	9.9	9.6	3.87	7.90	15.81
160	87.3	85.4	83.5	12.4	11.8	11.9	4.12	8.14	16.68
170	87.2	85.4	83.6	12.9	13.4	13.1	4.26	8.51	17.27
180	87.6	85.9	84.0	14.3	15.4	14.8	4.33	8.93	17.71
190	87.5	86.1	84.3	16.1	15.9	16.2	4.53	9.08	18.45
200	87.5	86.2	84.5	17.0	17.3	17.4	4.62	9.33	18.68
250	88.1	87.0	85.4	21.8	21.8	21.4	5.01	10.02	20.23
300	88.3	87.1	85.8	24.5	24.2	24.2	5.24	10.47	21.05
400	88.3	87.5	86.1	27.9	27.7	27.6	5.49	10.98	22.05
500	88.5	87.6	86.6	29.9	29.9	29.6	5.63	11.23	22.48
600	88.5	87.7	86.7	31.2	31.0	30.7	5.73	11.42	22.95
700	88.4	87.9	86.5	32.4	32.1	31.1	5.77	11.49	23.31
800	88.6	87.8	86.9	32.6	32.6	32.3	5.82	11.62	23.30
900	88.6	87.8	87.0	33.4	33.2	32.6	5.85	11.67	23.40
1000	88.6	88.0	87.0	33.6	33.3	33.0	5.89	11.75	23.57
1500	88.7	87.9	87.0	34.7	34.6	34.2	5.95	11.90	23.88
2000	88.7	88.1	87.2	35.5	35.2	34.7	5.97	11.95	24.00
2500	88.8	88.1	87.2	35.8	35.5	35.0	5.98	11.98	24.15
3000	88.7	88.0	87.2	36.0	35.5	35.3	6.01	12.08	24.20
3500	88.7	87.9	87.3	36.1	35.9	35.5	6.02	12.06	24.21
4000	88.6	88.0	87.4	36.1	36.0	35.6	6.04	12.09	24.17
4500	88.6	88.0	87.4	36.5	35.7	35.5	6.02	12.15	24.28
5000	88.7	88.0	87.2	36.3	36.0	35.6	6.04	12.14	24.34
6000	87.9	87.3		36.2	36.0		12.14	24.23	
7000	87.9	87.4		36.1	35.9		12.17	24.29	
8000	88.0	87.3		36.2	36.1		12.15	24.30	
9000	87.8	87.2		36.4	36.1		12.17	24.33	
10000	88.0	87.4		36.2	36.0		12.18	24.36	
15000		87.4			36.2			24.33	
20000		87.4			36.2			24.37	

Tab. 4.29

política "SEM REESCALONAMENTO" (adaptativo)

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (%)			ABORTADOS (%)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.7	10.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.0	14.8	15.2	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.1	19.5	20.1	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	24.6	24.5	24.5	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	29.8	30.0	29.8	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
35	34.2	34.6	34.2	0.0	0.0	0.0	0.21	0.22	0.22
40	39.6	39.7	39.0	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
45	44.3	44.3	43.8	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.24
50	48.7	48.9	49.5	0.0	0.0	0.0	0.25	0.26	0.26
55	54.9	53.7	54.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.28
60	58.0	58.8	59.2	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	0.31
65	63.3	64.6	63.6	0.0	0.0	0.0	0.32	0.34	0.35
70	69.2	67.2	69.3	0.0	0.0	0.0	0.37	0.36	0.40
75	73.1	73.3	73.2	0.0	0.0	0.0	0.40	0.43	0.45
80	76.8	77.2	79.6	0.0	0.0	0.0	0.45	0.50	0.58
85	80.7	83.6	83.3	0.0	0.0	0.0	0.56	0.67	0.73
90	85.2	86.6	86.2	0.0	0.0	0.0	0.64	0.79	0.96
95	87.4	89.7	90.4	0.0	0.0	0.0	0.75	1.14	1.77
100	91.9	92.4	93.1	0.1	0.0	0.0	0.97	1.37	2.72
110	94.5	94.6	93.5	0.3	0.2	0.1	1.35	2.56	5.03
120	95.7	94.9	93.6	1.4	1.2	0.9	1.92	3.81	7.36
130	96.0	95.0	94.0	2.6	2.6	2.8	2.29	4.69	9.58
140	96.1	95.1	94.0	4.7	4.6	3.8	2.82	5.53	10.47
150	96.1	95.2	94.2	6.5	6.5	6.4	3.08	6.15	11.96
160	96.2	95.4	94.5	8.8	8.1	8.4	3.37	6.66	13.10
170	96.2	95.5	94.7	10.5	10.3	10.1	3.60	6.94	14.01
180	96.4	95.6	94.8	11.6	12.0	11.7	3.71	7.37	14.51
190	96.4	95.7	95.0	13.1	13.9	13.5	3.86	7.69	15.23
200	96.4	95.8	95.0	15.2	14.7	14.2	4.01	7.83	15.51
250	96.6	96.1	95.5	20.0	19.2	19.6	4.43	8.73	17.66
300	96.7	96.3	95.7	23.1	23.1	22.6	4.70	9.26	18.35
400	96.8	96.4	95.9	27.0	26.8	26.5	4.95	9.82	19.47
500	96.7	96.4	96.1	29.1	28.8	28.6	5.11	10.12	20.05
600	96.8	96.5	96.1	30.7	30.3	29.9	5.19	10.34	20.52
700	96.8	96.6	96.1	31.9	31.3	31.0	5.24	10.41	20.74
800	96.8	96.6	96.2	32.4	32.0	31.7	5.30	10.55	20.96
900	96.9	96.6	96.3	32.8	32.7	32.2	5.33	10.57	21.08
1000	96.8	96.6	96.3	33.3	33.2	32.8	5.36	10.62	21.18
1500	96.9	96.6	96.4	34.5	34.4	33.9	5.44	10.80	21.57
2000	96.9	96.7	96.4	35.3	35.1	34.6	5.47	10.88	21.67
2500	96.9	96.7	96.4	35.7	35.4	35.0	5.48	10.92	21.76
3000	96.9	96.7	96.4	35.9	35.6	35.2	5.50	10.96	21.83
3500	96.9	96.7	96.4	36.2	35.7	35.2	5.50	10.98	21.95
4000	96.9	96.7	96.5	36.1	36.0	35.3	5.52	10.99	21.99
4500	96.9	96.6	96.4	36.5	36.1	35.7	5.50	10.99	21.92
5000	96.9	96.6	96.5	36.3	36.0	35.8	5.53	11.03	21.92
6000		96.7	96.5		36.2	35.7		11.02	22.01
7000		96.7	96.5		36.0	35.9		11.08	21.99
8000		96.7	96.5		36.2	36.3		11.06	21.90
9000		96.7	96.4		36.2	36.0		11.08	22.05
10000		96.7	96.5		36.4	35.8		11.05	22.12
15000			96.5			36.1			22.10
20000			96.5			36.3			22.07



PACOTES 256 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.9	9.6	9.6	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	14.8	15.2	14.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.2	20.1	19.7	0.0	0.0	0.0	0.20	0.19	0.20
25	24.6	24.7	24.6	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.20
30	29.8	29.9	30.0	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.21
35	34.3	34.8	34.7	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.22
40	40.2	40.6	39.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.24
45	45.2	44.1	44.3	0.0	0.0	0.0	0.28	0.27	0.27
50	49.4	49.6	49.3	0.0	0.0	0.0	0.28	0.30	0.29
55	54.1	53.7	54.1	0.0	0.0	0.0	0.32	0.34	0.34
60	59.2	59.2	60.5	0.0	0.0	0.0	0.39	0.39	0.42
65	62.5	63.0	63.9	0.0	0.0	0.0	0.39	0.44	0.48
70	67.1	67.1	68.2	0.0	0.0	0.0	0.49	0.52	0.60
75	78.7	73.5	73.0	0.0	0.0	0.0	0.61	0.74	1.00
80	75.4	75.9	76.0	0.0	0.0	0.0	0.74	1.07	1.89
85	77.8	78.9	77.1	0.1	0.0	0.1	0.99	1.74	4.18
90	80.0	78.9	76.6	0.3	0.3	0.2	1.28	2.81	5.36
95	80.5	78.2	74.4	0.7	0.8	1.0	1.79	3.87	9.51
100	80.7	77.3	74.1	1.2	1.2	2.0	2.14	4.66	11.30
110	78.8	76.0	73.5	3.4	3.9	4.3	3.06	6.63	14.02
120	78.4	75.3	72.9	6.0	6.8	6.8	3.73	7.88	16.00
130	77.4	75.2	72.7	9.0	8.9	10.0	4.16	8.55	17.99
140	77.5	74.8	72.8	10.6	11.2	11.5	4.45	9.30	19.02
150	77.2	74.6	72.4	13.3	14.1	14.0	4.81	9.95	20.44
160	77.1	74.7	72.3	14.6	15.5	15.4	4.97	10.32	21.13
170	76.8	74.6	72.4	16.0	16.0	17.1	5.16	10.51	21.83
180	76.9	74.5	72.5	17.4	18.6	17.9	5.32	10.96	22.29
190	77.0	74.9	72.4	18.5	18.8	19.1	5.39	11.11	22.91
200	76.6	74.4	72.2	19.9	20.2	20.2	5.56	11.48	23.22
250	76.7	74.6	72.8	23.8	23.9	23.8	5.95	12.02	24.70
300	76.5	74.2	72.6	26.5	26.2	26.2	6.20	12.64	25.73
400	76.8	74.9	72.6	29.2	29.2	28.9	6.42	13.05	26.58
500	76.9	74.8	72.3	30.9	30.9	30.2	6.53	13.33	27.51
600	76.7	74.6	72.5	32.1	31.6	31.6	6.66	13.59	27.73
700	76.6	74.9	72.9	32.6	32.1	32.2	6.74	13.72	27.84
800	76.8	74.6	72.7	33.2	33.1	32.9	6.74	13.81	28.02
900	76.6	74.6	72.9	33.8	33.4	33.2	6.80	13.86	28.08
1000	76.8	74.7	73.0	34.0	33.7	33.5	6.80	13.90	28.26
1500	77.0	74.7	73.3	35.2	34.9	34.5	6.85	14.04	28.44
2000	76.9	75.1	73.2	35.5	35.4	34.8	6.91	14.04	28.68
2500	76.9	75.1	73.3	35.9	35.4	35.2	6.93	14.14	28.70
3000	77.1	74.8	73.0	36.2	35.7	35.4	6.91	14.18	28.90
3500	77.0	75.1	73.4	36.1	35.8	35.5	6.95	14.17	28.79
4000	76.8	75.2	73.2	36.0	35.7	35.8	6.98	14.22	28.83
4500	76.8	75.1	73.0	36.2	35.9	35.7	6.98	14.22	28.98
5000	76.9	75.0	73.3	36.4	36.1	35.8	6.96	14.23	28.89
6000	75.2	73.0		36.1	36.0			14.22	29.02
7000	75.1	73.1		36.3	35.9			14.22	29.07
8000	75.3	73.3		36.4	35.9			14.18	28.98
9000	75.1	73.2		36.2	35.9			14.24	29.08
10000	75.3	73.1		36.4	36.0			14.19	29.09
15000	73.2			36.3					28.97
20000	73.5			36.3					28.85

Tab. 4.31

PACOTES 512 bits									
carga (x)	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.8	9.8	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.1	14.9	14.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.18
20	20.0	20.0	19.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	24.8	25.1	24.6	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	30.1	29.3	29.5	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
35	35.1	34.6	34.9	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
40	40.1	39.8	39.5	0.0	0.0	0.0	0.24	0.23	0.23
45	44.9	44.4	44.5	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25	0.25
50	49.1	49.9	49.7	0.0	0.0	0.0	0.27	0.27	0.27
55	53.4	53.6	54.1	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.29
60	59.2	58.6	59.0	0.0	0.0	0.0	0.31	0.32	0.33
65	64.1	64.1	63.3	0.0	0.0	0.0	0.35	0.36	0.37
70	68.6	67.6	68.4	0.0	0.0	0.0	0.40	0.42	0.46
75	74.0	72.4	72.8	0.0	0.0	0.0	0.48	0.46	0.51
80	76.1	77.6	77.6	0.0	0.0	0.0	0.54	0.64	0.81
85	80.2	82.1	81.9	0.0	0.0	0.0	0.67	0.77	0.95
90	83.0	83.9	84.4	0.0	0.0	0.0	0.86	1.12	1.63
95	85.5	87.4	86.1	0.1	0.0	0.0	1.05	1.76	3.25
100	88.1	87.9	86.2	0.4	0.1	0.2	1.41	2.18	5.24
110	88.9	87.1	84.9	1.1	0.9	1.5	1.93	4.05	8.88
120	88.4	86.2	84.8	2.4	2.8	3.2	2.52	5.43	10.92
130	88.0	85.9	84.3	4.7	5.6	4.9	3.05	6.46	12.61
140	87.6	85.9	84.1	6.8	7.7	7.6	3.43	7.11	14.31
150	87.4	85.6	83.8	8.7	8.9	10.5	3.71	7.55	15.86
160	87.2	85.6	83.8	11.6	11.4	11.7	4.06	8.16	16.50
170	87.2	85.4	83.8	13.3	12.9	13.9	4.25	8.55	17.49
180	87.0	85.3	83.7	14.7	14.9	15.0	4.41	8.93	18.08
190	86.7	85.3	83.8	16.2	16.2	16.1	4.57	9.18	18.44
200	87.0	85.4	83.8	17.5	16.7	17.4	4.69	9.31	18.94
250	86.8	85.3	83.8	21.6	21.9	21.6	5.07	10.23	20.60
300	86.8	85.3	84.1	24.7	24.5	24.3	5.32	10.64	21.58
400	86.7	85.4	84.0	27.9	28.0	27.6	5.61	11.29	22.75
500	86.8	85.4	83.9	30.2	30.1	29.7	5.75	11.52	23.34
600	86.9	85.4	84.0	31.2	30.9	30.7	5.84	11.77	23.74
700	86.8	85.5	84.0	32.3	31.9	31.7	5.90	11.88	23.93
800	86.9	85.5	84.2	32.8	32.6	32.0	5.93	11.95	24.16
900	86.9	85.6	84.1	33.3	33.2	32.5	5.98	12.03	24.31
1000	86.9	85.6	84.3	33.7	33.4	33.3	5.99	12.07	24.30
1500	86.9	85.5	84.3	35.0	34.5	34.2	6.06	12.27	24.64
2000	87.0	85.6	84.5	35.6	34.9	35.1	6.09	12.37	24.69
2500	87.1	85.7	84.6	35.6	35.3	35.2	6.12	12.39	24.81
3000	87.0	85.6	84.6	35.8	35.7	35.3	6.15	12.40	24.96
3500	87.0	85.7	84.4	35.9	35.8	35.5	6.16	12.41	25.03
4000	87.0	85.7	84.5	36.1	35.7	35.6	6.15	12.44	25.01
4500	86.9	85.6	84.4	36.4	36.2	35.7	6.15	12.42	25.04
5000	86.8	85.7	84.6	36.3	36.1	35.8	6.17	12.44	25.01
6000	85.7	84.6		36.3	35.8			12.43	25.08
7000	85.8	84.6		36.1	36.1			12.48	25.02
8000	85.8	84.8		36.4	35.9			12.43	25.11
9000	85.7	84.5		36.4	35.9			12.47	25.18
10000	85.7	84.6		36.6	36.0			12.42	25.16
15000	84.4			36.4					25.11
20000	84.6			36.2					25.18

Tab. 4.32

política "SEM REESCALONAMENTO" (fixo = 2/N)

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.0	15.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.18	0.19	0.19
20	20.3	20.3	20.0	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	25.1	24.5	24.4	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	29.4	29.5	29.9	0.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.21
35	35.0	35.6	35.1	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.22
40	39.1	40.1	39.5	0.0	0.0	0.0	0.22	0.23	0.23
45	45.2	45.1	44.1	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.24
50	49.3	49.7	49.3	0.0	0.0	0.0	0.26	0.26	0.26
55	54.8	54.8	53.7	0.0	0.0	0.0	0.27	0.27	0.28
60	59.0	59.0	59.1	0.0	0.0	0.0	0.29	0.30	0.30
65	62.7	63.9	64.9	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	0.34
70	67.5	68.5	68.5	0.0	0.0	0.0	0.35	0.37	0.38
75	73.0	72.2	72.6	0.0	0.0	0.0	0.40	0.40	0.43
80	78.1	77.8	77.7	0.0	0.0	0.0	0.44	0.50	0.51
85	82.0	83.2	83.0	0.0	0.0	0.0	0.53	0.58	0.64
90	85.8	86.9	87.2	0.0	0.0	0.0	0.64	0.72	0.88
95	89.6	90.4	92.4	0.1	0.0	0.0	0.80	0.91	1.38
100	91.3	92.8	93.5	0.1	0.0	0.0	0.89	1.27	1.81
110	95.4	95.8	95.4	0.4	0.2	0.1	1.29	2.37	4.47
120	96.4	96.2	95.2	1.4	1.0	0.7	1.90	3.54	7.03
130	96.4	96.0	95.1	2.7	2.5	2.2	2.36	4.62	9.10
140	96.5	95.9	95.0	4.8	4.5	4.2	2.74	5.46	10.70
150	96.4	95.8	95.0	6.1	6.6	6.0	3.08	6.11	11.80
160	96.3	95.7	94.9	9.0	8.1	8.4	3.42	6.59	13.15
170	96.3	95.8	95.0	10.2	10.1	10.2	3.35	6.96	13.93
180	96.3	95.7	94.9	11.8	11.8	11.1	3.71	7.35	14.56
190	96.3	95.7	95.1	13.3	13.6	12.9	3.89	7.73	15.09
200	96.3	95.7	94.9	14.8	15.1	14.5	4.01	7.94	15.85
250	96.3	95.7	95.1	19.8	19.8	19.7	4.43	8.78	17.49
300	96.3	95.7	95.1	23.6	22.8	22.7	4.68	9.29	18.52
400	96.3	95.8	95.2	27.2	26.8	26.7	4.97	9.90	19.74
500	96.3	95.8	95.3	29.5	29.1	28.7	5.13	10.18	20.26
600	96.3	95.9	95.3	30.6	30.4	30.0	5.23	10.40	20.64
700	96.3	95.9	95.3	31.5	31.4	31.0	5.28	10.52	20.93
800	96.3	95.8	95.3	32.3	32.1	31.6	5.34	10.64	21.18
900	96.3	95.9	95.4	33.0	32.8	32.1	5.36	10.69	21.31
1000	96.3	95.8	95.4	33.5	33.0	32.8	5.38	10.76	21.38
1500	96.3	95.9	95.5	34.7	34.4	34.0	5.47	10.90	21.73
2000	96.3	95.9	95.5	35.3	35.0	34.5	5.50	10.97	21.92
2500	96.3	95.9	95.5	35.7	35.3	35.1	5.51	11.03	21.94
3000	96.4	96.0	95.5	35.9	35.5	35.2	5.53	11.05	22.06
3500	96.3	96.0	95.5	36.0	35.7	35.5	5.55	11.08	22.06
4000	96.4	96.0	95.6	36.1	35.9	35.5	5.55	11.07	22.04
4500	96.4	96.0	95.6	36.3	36.2	35.6	5.55	11.07	22.13
5000	96.3	96.0	95.6	36.4	36.0	35.6	5.55	11.12	22.18
6000		96.0	95.6		36.2	36.0		11.11	22.12
7000		96.6	95.6		36.2	35.7		11.14	22.26
8000		96.0	95.6		36.4	36.1		11.12	22.16
9000		96.1	95.6		36.3	35.9		11.13	22.29
10000		96.1	95.6		36.3	36.2		11.15	22.20
15000			95.6			36.3			22.24
20000			95.7			36.4			22.20

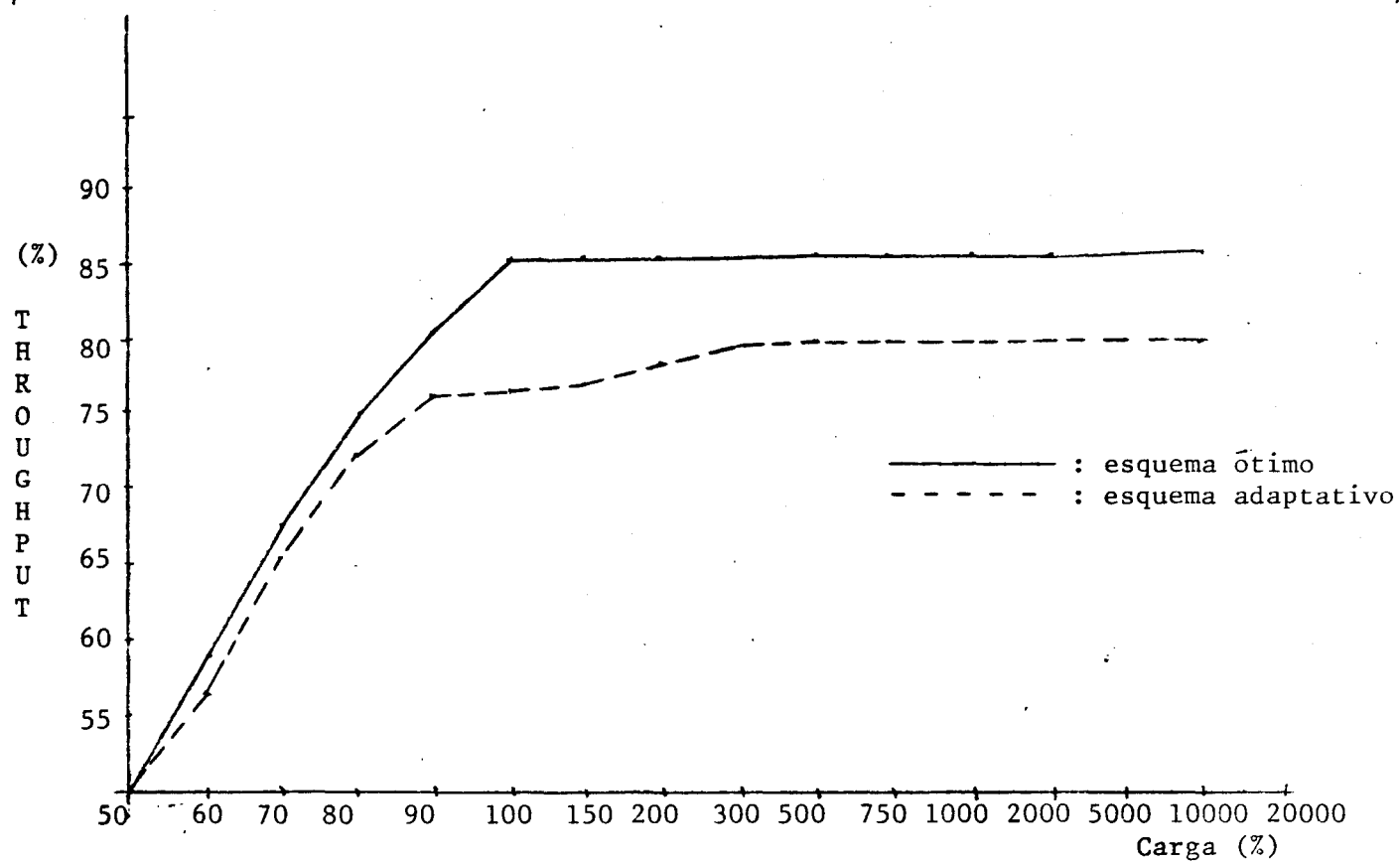


Fig. 4.7 SEM reescalamento (256 bits e 200 estações)

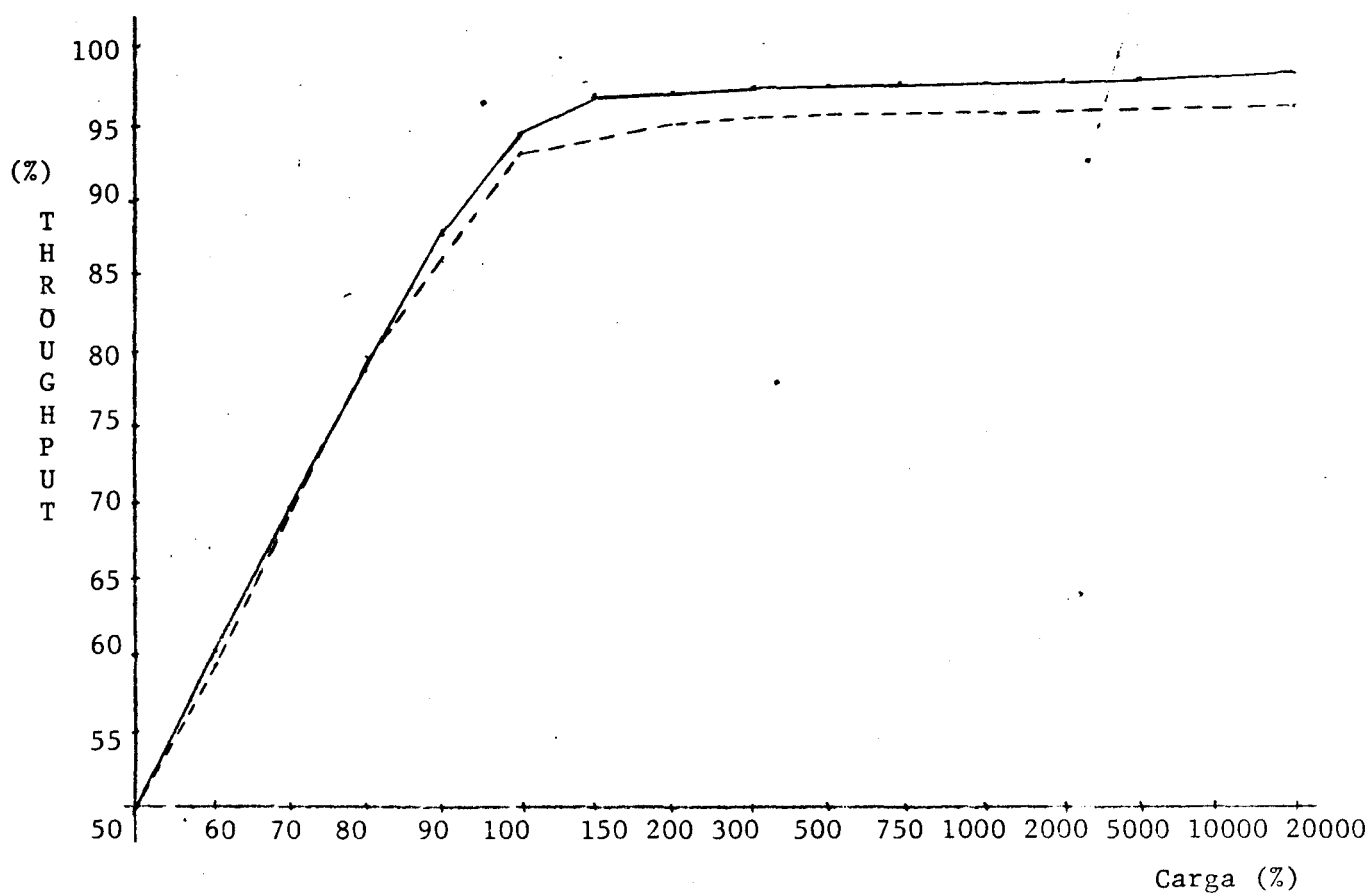


Fig. 4.8 SEM reescalamento (2048 bits e 200 estações)

## C A P Í T U L O      5

### CONCLUSÕES.

Numa primeira análise, comparando os diversos tamanhos de pacotes dentro de cada "política" individualmente, podemos validar as medidas obtidas mediante simulação e apresentadas no capítulo anterior, com a análise descrita em [METCALFE 76] e [ALMES 79]: os pacotes grandes apresentam um desempenho superior ao obtido com pacotes pequenos. Esta afirmação é válida para os 3 itens considerados para análise: throughput efetivo, atraso normalizado e proporção de pacotes abortados. As análises de Metcalfe e Almes mostram que o desempenho de redes com esta topologia estão em uma relação proporcional ao tamanho do pacote: quanto maior o tamanho médio do pacote, maior desempenho será obtido. Esta afirmação, no entanto, está incompleta: numa rede que possui um cabo com alta taxa de transmissão, o fato de se ter pacotes grandes não é suficiente para se obter um desempenho satisfatório. Por exemplo, se a taxa de transmissão (C) do cabo coaxial de uma rede for de 10 Mbps e o tamanho médio dos pacotes (P) for de 2560 bits, o tempo médio de transmissão (T) dos pacotes será de 85.3 us. que é o mesmo tempo de pacotes "pequenos" -256 bits- e taxa de transmissão de 3 Mbps ( o tempo do slot é igual em ambos os

casos). Uma afirmação mais g nerica equivalente (com relação ao desempenho da rede X tamanho do pacote)   que maior desempenho se obt m quanto menor a razão "tempo do slot (S) sobre tempo médio de transmissão (T) dos pacotes cujo tamanho médio   (P)" =  $S/T$ , onde  $T = P/C$ . A condição crítica da rede se obt m quando a razão  $S/T = 1$  [METCALFE 76, ALMES 79].

Uma conclusão semelhante pode ser observada entre a "taxa de transmissão" e o "comprimento da rede": uma rede com comprimento do cabo de transmissão de 1 km e pacotes de tamanho médio (P) de 256 bits é equivalente (com relação ao throughput efetivo) a uma rede com comprimento de 8 km e pacotes de tamanho médio de 2048 bits. Logicamente, o atraso desta última será 8 vezes superior ao da primeira rede.

Os resultados obtidos para pacotes de tamanho fixo (256, 512, 2048 bits) são equivalentes a resultados obtidos com pacotes de tamanho variável com uma distribuição bimodal. Por exemplo, se 6/7 dos pacotes gerados são de 256 bits e 1/7 de 2048 bits, o desempenho obtido foi equivalente a pacotes de tamanho fixo de 512 bits que é exatamente a média da distribuição bimodal acima. As simulações efetuadas nesse sentido não estão apresentados no trabalho por economia de espaço.

Analisando cada política por separado podemos ressaltar os seguintes itens:

a) não persistente: esta política apresenta uma proporção muito alta de pacotes abortados além de uma certa instabilidade quando aumenta o número de estações, por tanto esta política poderia ser utilizada em redes com poucas estações, pacotes grandes e em alguma aplicação onde a proporção alta de pacotes abortados não seja importante. A ociosidade aparente que esta política introduz na rede, não foi constatada para cargas altas.

b) um persistente: a política da rede ETHERNET apresentou uma proporção alta de pacotes abortados com um bom tempo de resposta, mas com uma eficiência de throughput abaixo das outras políticas. O atraso obtido com o algoritmo de backoff original, foi maior do que o apresentado sem uma variação significativa dos outros parâmetros. A proporção de ociosidade e contenção na rede durante cargas altas da política 1-persistente, é maior, ou no melhor dos casos, consegue empatar com a não-persistente. Os melhores resultados desta política foram obtidos com pacotes grandes e maior número de estações.

c) p-persistente: esta política apesar de apresentar uma certa instabilidade com o aumento de estações e carga, as medidas do throughput obtidas são melhores das obtidas com a

1-persistente. O tempo de resposta e a proporção de pacotes abortados são equivalentes aos obtidos com as 2 políticas anteriores. Talvez com um esquema mais complexo para estimar a carga (e a probabilidade "p"), diferente do p-exponencial, seja possível obter valores mais próximos do p-ótimo.

d) p-persistente total: das 4 políticas que utilizam o algoritmo de backoff para o reescalonamento dos pacotes, esta foi a que apresentou os melhores resultados da "eficiência do throughput" além de uma proporção baixa de pacotes abortados. O custo desta proporção baixa de pacotes abortados é logicamente, um atraso maior, especialmente quando o número de estações é grande. Este tipo de política seria aconselhável para uma aplicação onde se deseje garantir que a proporção de pacotes abortados seja mínima. A proporção de abortados com o esquema p-ótimo, é praticamente nula (tab 4.18).

A política "não persistente" tenta evitar colisões: 2 estações querendo transmitir quando a rede está ocupada, graças ao algoritmo de backoff serão escalonadas (muito provavelmente) para tempos posteriores diferentes. A consequência é que pode existir um slot ocioso após uma transmissão durante cargas baixas. A política um-persistente tenta resolver este "problema", permitindo que uma estação transmita ao final de uma transmissão, mas se outra estação também estava aguardando

o final daquela, com certeza existirá uma colisão. As políticas p-persistente tentam obter uma média entre estas 2 políticas: evitar um slot ocioso ou de colisão baseada nos esquemas que tentam estimar a carga na rede e consequentemente, a probabilidade "p".

e) sem reescalonamento: além de ser a política que apresenta o maior "throughput" dentre as políticas analisadas, esta política apresenta a vantagem adicional de permitir estabelecer uma relação simples entre a proporção de pacotes abortados e o atraso médio. Isto pode ser muito útil para aplicações específicas. Caso não se queira pacotes abortados no pior caso, 200 estações com carga de 100 % em cada estação e pacotes de 256 bits obteve-se um "atraso médio normalizado de 42.56 ms. A distribuição (4) e a aproximação (5), permitem obter também a probabilidade de que o atraso seja maior do que um valor pre-especificado, para cargas máximas no sistema.

Os resultados da simulação desta política permitem calcular (graças ao atraso médio normalizado) o "número médio de tentativas" que um estação teve que efetuar até a transmissão com sucesso do seus pacotes. Para isto é necessário conhecer o número médio de slots envolvidos numa resolução de colisões. Como exemplo podemos calcular o "número médio de tentativas" dos pacotes transmitidos para "carga

total" com 200 estações e pacotes grandes:

seja  $S$  = tempo gasto para resolver colisões

$T$  = tempo de transmissão de um pacote

$C$  = ciclo =  $S + T$  (colisões + transmissão)

$A$  = atraso normalizado dos pacotes

$f$  = fator de "normalização"

(2048 bits = 4, 512 bits = 1, 256 bits = 1/2)

$N$  = número de estações

O número de ciclos ou transmissões ( $NC$ ) até um pacote ser transmitido é:

$$NC = (A * f) / (S + T);$$

Para o caso acima, foi calculado (mediante simulação) que o número médio de slots envolvidos é 3, por tanto  $S = 30$  us,  $T = 680$  us e  $C = 710$  us. O número médio de ciclos é então:

$$NC = (22070 * 4) / 710 \sim 125 \text{ ciclos ou transmissões}$$

Para 100 estações, o número médio de tentativas até a transmissão é:

$$NC = (11050 * 4) / 710 \sim 63 \text{ ciclos ou transmissões}$$

Esta política além de preservar um throughput alto e estável, permite o controle do "tempo médio de resposta" e consequentemente da proporção de pacotes abortados. O fato de ela apresentar uma proporção de pacotes abortados equivalentes



para os 3 tamanhos de pacotes e situações da rede (50, 100 e 200 estações), indica que qualquer variação destes parâmetros, não afetará os valores da "proporção de abortos" obtidos nas tabelas (4.25 a 4.33).

Foi dada uma maior ênfase no comportamento deste tipo de redes quando a carga total oferecida é alta, onde existe o risco de comprometer a estabilidade da rede. Para cargas totais de até 50 %, as diferenças entre as diversas políticas e tamanhos de pacotes são pouco significativas apresentando um comportamento praticamente linear (com 50 % de Carga Total se obtém ~ 50 % de throughput efetivo) com uma proporção nula de pacotes abortados e atrasos geralmente inferiores a 1 milissegundo. Por tanto, cabe ressaltar que o desempenho deste tipo de redes para cargas abaixo de 50 % é notável para todas as políticas simuladas. Para cargas acima deste valor, vai depender da aplicação principal a que a rede vai se dedicar. Obteve-se o melhor "throughput", estabilidade e menor proporção de pacotes abortados com as políticas p-persistente total e principalmente com a política sem reescalonamento (esquema p-adaptativo).

Uma perspectiva futura é uma análise do protocolo "token-bus", para comparar seu desempenho com relação ao protocolo aqui analisado CSMA-CD.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- |ABRAMSON 70| Abramson Norman.  
The Aloha System. Another alternative for Computer Communications.  
In Proc of the 1970 Fall Joint Computer Conference, AFIPS Press, Montvale, N.J. 1970, pg 281-285.
- |ABRAMSON 77| Abramson Norman.  
The throughput of packet broadcasting channels.  
IEEE Transactions of Communications. Vol 25, N. 1, January 1977, pp. 117-128.
- |ALMES 79| Almes Guy T. and Lazowska Edward D.  
The behavior of Ethernet-like Computer Communication Network.  
Proc. of the 7th. symposium on Operating Systems Principles. Pacific Grove, Calif. December 1979, pg 66-81.
- |ARTHURS 84| Arthurs E. and Stuck B.W.  
A Modified Access Policy for ETHERNET Version 1.0 Data link Layer.  
IEEE Transactions on Communications, Vol. Com 32, No. 8, August 1984, pp. 977-979.
- |CRANE 80| Crane Ronald C. and Taft Edward A.  
Practical Considerations in Ethernet Local Network Design.  
Presented at Hawaii International Conference on System Sciences. Jan. 1980. Technical Report. Xerox, Palo Alto Research Center, Feb 1980.
- |DIGITAL 80| DIGITAL, INTEL and XEROX.  
The Ethernet. A Local Area Network, Data Link Layer and Physical Layer Specifications.  
Version 1.0. Setember 1980.
- |DIGITAL 82| DIGITAL, INTEL and XEROX.  
The Ethernet. A Local Area Network, Data Link Layer and Physical Layer Specifications.  
Version 2.0. November 1982.
- |FIELD 82| Field J.A. & Wong J.W.  
A carrier Sense Multiple Access Collision Detection System with Global Information.  
Proceedings of the COMPCON 82. Computer Networks. IEEE set 82, pp 511-520.

- [HOPPER 77] A. Hopper.  
Data Ring at Computer Laboratory, University of Cambridge.  
Local Area Networking. NBS publication. Washington DC. 500-535, 11-16.
- [IEEE 83] IEEE Project 802 - Local Network.  
Local Network Standards.  
Institute of Electrical and Electronic Engineers. N.Y. 1983.
- [KLEINROCK 75] Kleironck Leonard. and Tobagi Fouad A.  
Packet Switching in Radio Channels: Part I - Carrier Sense Multiple Access modes and their Throughput-Delay characteristics.  
In IEEE Transactions on Communications, Vol com-23, No. 12, Dec. 1975
- [KLEINROCK 76] Kleinrock L.  
Queuing Systems vol II.  
Wiley, NY, 1976 pp 394-397..
- [METCALFE 76] Metcalfe Robert M. and Boggs David R.  
ETHERNET: Distributed Packet Switching for Local Computer Network.  
Communications of the ACM. July 1976, Vol 19, Num 7.
- [PRIETO 85] Prieto M. José A. e Guimarães Célio C.  
Desempenho de Redes Locais tipo ETHERNET.  
Anais do XVIII Congresso Nacional de Informática. SUCESU. SP. Setembro 1985, Vol II, pg. 1104-1112
- [MIER 84] Mier Edwin E.  
The Evolution of a Standard Ethernet.  
Revista BYTE, December 1984, pp. 131-142.
- [SHERMAN 78] Sherman R.M, Gable M.G McClure G.  
Concepts, Strategies for Local Data Network Architectures.  
Data Communications, July 1976, 7(7) pg 39-49.
- [SHOCH 80] Shoch John F. and Hupp Jon A.  
Measured Performance of an Ethernet Local Network.  
Communications of the ACM. December 1980, vol 23, n 12, pg 711-721.
- [SHOCH 82] Shoch John F, Dalal Yogen K, Redell David D and Crane Ronald C.  
Evolution of the Ethernet Local Computer Network.  
COMPUTER, August 1982, vol xx, n yy, pg 10-27.

- |STALLINGS 84| Stallings William.  
Local Networks.  
Computing Surveys, vol 16, num 1, pp 3-41, March 1984.
- |STALLINGS 84A| Stallings William.  
Local Network Performance.  
IEEE Communications Magazine, Vol 22, No 2, pp 27-36,  
Febr 1984.
- |TOBAGI 80| Tobagi Fouad A. and Hunt Bruce V.  
Performance Analysis of Carrier Sense Multiple Access  
with Collision Detection.  
In Computer Networks, No. 4, 1980, pp 245-259.

## APENDICE

A linguagem utilizada para a simulação foi PASCAL com algumas rotinas em FORTRAN num sistema VAX 11/750. São 2 programas, um para a política que utiliza reescalonamento de pacotes (não persistente, 1-persistente, p-persistente e p-persistente total), e outro para a política proposta sem reescalonamento. No total são aproximadamente, 1300 linhas de código (800 e 500 respectivamente). O tempo total gasto de CPU foi em torno de 12 horas por política. As simulações foram rodadas em "batch" durante a noite e fins de semana que são os períodos de menor demanda do sistema.

As tabelas A.1a, A.1b e A.1c, apresentam os resultados da política proposta (sem backoff) com o esquema p-adaptativo obtendo uma proporção nula de pacotes abortados.

PACOTES 256 bits									
	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	5.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
10	9.8	9.8	9.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.18
15	15.1	15.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.2	19.9	20.1	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
25	24.5	24.6	24.8	0.0	0.0	0.0	0.21	0.22	0.22
30	30.0	29.6	29.5	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.24
35	34.3	34.7	34.4	0.0	0.0	0.0	0.24	0.25	0.25
40	39.4	39.5	39.4	0.0	0.0	0.0	0.27	0.27	0.27
45	44.4	44.2	44.0	0.0	0.0	0.0	0.29	0.29	0.31
50	49.3	49.0	49.2	0.0	0.0	0.0	0.32	0.33	0.34
55	53.3	53.5	53.7	0.0	0.0	0.0	0.37	0.39	0.40
60	56.9	58.2	58.0	0.0	0.0	0.0	0.40	0.45	0.48
65	62.7	63.1	63.5	0.0	0.0	0.0	0.52	0.67	0.78
70	65.8	66.8	68.0	0.0	0.0	0.0	0.61	0.84	1.44
75	70.1	70.4	68.1	0.0	0.0	0.0	0.77	1.40	3.53
80	72.7	72.0	67.0	0.0	0.0	0.0	0.95	1.95	7.06
85	74.5	71.7	67.2	0.0	0.0	0.0	1.32	4.35	9.58
90	76.3	71.7	67.5	0.0	0.0	0.0	1.81	4.97	11.39
95	76.0	71.7	68.2	0.0	0.0	0.0	2.36	6.15	13.64
100	76.3	72.0	68.5	0.0	0.0	0.0	2.80	7.01	15.15
120	76.6	73.3	70.5	0.0	0.0	0.0	4.10	9.85	18.70
140	77.2	74.3	72.2	0.0	0.0	0.0	4.99	10.39	22.20
160	77.5	75.5	72.8	0.0	0.0	0.0	5.73	11.79	24.48
180	78.1	75.9	74.0	0.0	0.0	0.0	6.26	12.65	26.23
200	78.1	76.6	74.3	0.0	0.0	0.0	6.71	13.68	27.71
300	79.0	77.3	75.9	0.0	0.0	0.0	7.97	16.17	32.58
400	79.5	77.9	75.9	0.0	0.0	0.0	8.67	17.37	35.28
600	79.6	78.3	76.7	0.0	0.0	0.0	9.36	18.72	37.56
800	79.4	78.3	77.1	0.0	0.0	0.0	9.73	19.22	38.75
1000	79.2	78.4	77.0	0.0	0.0	0.0	9.95	19.65	39.65
2000	79.8	78.5	77.2	0.0	0.0	0.0	10.30	20.40	41.22
3000	79.7	78.7	77.7	0.0	0.0	0.0	10.44	20.67	41.42
4000	79.6	78.6	77.3	0.0	0.0	0.0	10.50	20.77	41.97
5000	79.6	78.6	77.2	0.0	0.0	0.0	10.52	20.89	42.15
10000		78.7	77.7	0.0	0.0	0.0		21.00	42.22
15000			77.4			0.0			42.47
20000			77.4			0.0			42.56

(a)

PACOTES 512 bits									
	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.9	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.18	0.17
10	10.1	9.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	14.7	14.7	15.3	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.2	20.1	20.0	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.19
25	24.6	24.3	23.9	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
30	29.9	29.8	29.9	0.0	0.0	0.0	0.22	0.21	0.22
35	34.8	34.7	34.5	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
40	39.5	39.0	38.7	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.25
45	43.9	45.9	44.4	0.0	0.0	0.0	0.25	0.27	0.26
50	49.9	49.4	49.1	0.0	0.0	0.0	0.28	0.29	0.28
55	53.8	52.9	53.8	0.0	0.0	0.0	0.32	0.31	0.31
60	58.6	58.5	58.4	0.0	0.0	0.0	0.33	0.36	0.36
65	63.3	62.4	64.7	0.0	0.0	0.0	0.38	0.40	0.46
70	67.2	68.1	67.6	0.0	0.0	0.0	0.46	0.49	0.55
75	72.2	72.4	72.7	0.0	0.0	0.0	0.55	0.60	0.68
80	75.5	76.9	76.8	0.0	0.0	0.0	0.67	0.84	1.04
85	78.9	80.8	79.9	0.0	0.0	0.0	0.72	1.12	2.50
90	82.5	82.7	80.5	0.0	0.0	0.0	1.01	1.79	5.00
95	84.4	83.3	80.1	0.0	0.0	0.0	1.23	2.29	6.15
100	85.5	83.2	79.9	0.0	0.0	0.0	1.53	3.56	7.38
120	86.4	83.8	81.5	0.0	0.0	0.0	2.07	6.15	12.84
140	86.7	84.7	82.6	0.0	0.0	0.0	3.86	7.90	16.10
160	87.3	85.4	83.5	0.0	0.0	0.0	4.70	9.22	18.86
180	87.6	85.9	84.0	0.0	0.0	0.0	5.05	10.53	20.69
200	87.5	86.2	84.5	0.0	0.0	0.0	5.55	11.26	22.50
300	88.3	87.1	85.8	0.0	0.0	0.0	6.93	13.79	27.63
400	88.3	87.5	86.1	0.0	0.0	0.0	7.60	15.12	30.22
600	88.5	87.7	86.7	0.0	0.0	0.0	8.30	16.47	32.82
800	88.6	87.8	86.9	0.0	0.0	0.0	8.62	17.14	34.08
1000	88.6	88.0	87.0	0.0	0.0	0.0	8.85	17.53	34.86
2000	88.7	88.1	87.2	0.0	0.0	0.0	9.23	18.36	36.40
3000	88.7	88.0	87.2	0.0	0.0	0.0	9.37	18.63	36.96
4000	88.6	88.0	87.4	0.0	0.0	0.0	9.42	18.79	37.10
5000	88.7	88.0	87.2	0.0	0.0	0.0	9.46	18.84	37.44
10000		88.0	87.4		0.0	0.0		18.99	37.60
15000			87.4			0.0			37.74
20000			87.4			0.0			37.78

(b)

Tab. A.1.-

Política "SEM REESCALONAMENTO" (adaptativo) e  
proporção "NULA" de pacotes abortados.

PACOTES 2048 bits									
	THROUGHPUT (x)			ABORTADOS (x)			ATRASO (ms)		
	50	100	200	50	100	200	50	100	200
5	4.7	4.8	4.7	0.0	0.0	0.0	0.17	0.17	0.17
10	9.6	9.7	10.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
15	15.0	14.8	15.2	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
20	20.1	19.5	20.1	0.0	0.0	0.0	0.19	0.19	0.19
25	24.6	24.5	24.5	0.0	0.0	0.0	0.20	0.20	0.20
30	29.8	30.0	29.8	0.0	0.0	0.0	0.20	0.21	0.21
35	34.2	34.6	34.2	0.0	0.0	0.0	0.21	0.22	0.22
40	39.6	39.7	39.0	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
45	44.3	44.3	43.8	0.0	0.0	0.0	0.24	0.24	0.24
50	48.7	48.9	49.5	0.0	0.0	0.0	0.25	0.26	0.26
55	54.9	53.7	54.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.28
60	58.0	58.8	59.2	0.0	0.0	0.0	0.30	0.30	0.31
65	63.3	64.6	63.6	0.0	0.0	0.0	0.32	0.34	0.35
70	69.2	67.2	69.3	0.0	0.0	0.0	0.37	0.36	0.40
75	73.1	73.3	73.2	0.0	0.0	0.0	0.40	0.43	0.45
80	76.8	77.2	79.6	0.0	0.0	0.0	0.45	0.50	0.58
85	80.7	83.6	83.3	0.0	0.0	0.0	0.56	0.67	0.73
90	85.2	86.6	86.2	0.0	0.0	0.0	0.64	0.79	0.96
95	87.4	89.7	90.4	0.0	0.0	0.0	0.75	1.14	1.77
100	91.9	92.4	93.1	0.0	0.0	0.0	0.98	1.37	2.72
120	95.7	94.9	93.6	0.0	0.0	0.0	1.95	3.86	7.42
140	96.1	95.1	94.0	0.0	0.0	0.0	2.96	5.80	10.88
160	96.2	95.4	94.5	0.0	0.0	0.0	3.69	7.24	14.28
180	96.4	95.6	94.8	0.0	0.0	0.0	4.19	8.37	16.41
200	96.4	95.8	95.0	0.0	0.0	0.0	4.72	9.17	18.03
300	96.7	96.3	95.7	0.0	0.0	0.0	6.11	12.00	23.58
400	96.8	96.4	95.9	0.0	0.0	0.0	6.77	13.38	26.27
600	96.8	96.5	96.1	0.0	0.0	0.0	7.47	14.78	29.03
800	96.8	96.6	96.2	0.0	0.0	0.0	7.82	15.43	30.37
1000	96.8	96.6	96.3	0.0	0.0	0.0	8.02	15.81	31.21
2000	96.9	96.7	96.4	0.0	0.0	0.0	8.43	16.66	32.78
3000	96.9	96.7	96.4	0.0	0.0	0.0	8.56	16.94	33.36
4000	96.9	96.7	96.5	0.0	0.0	0.0	8.62	17.05	33.71
5000	96.9	96.6	96.5	0.0	0.0	0.0	8.66	17.15	33.78
10000		96.7	96.5		0.0	0.0		17.26	34.15
15000			96.5			0.0			34.24
20000			96.5			0.0			34.20

(c)